

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»  
ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«БЕЛОРУССКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО ГИГИЕНИСТОВ»  
(ОО «БелНОГ»)

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 95-ЛЕТИЮ  
РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»**

**24–25 ноября 2022 года, г. Минск**

**Минск  
Издательский центр БГУ  
2022**

УДК 613/614(06)  
ББК 51.2я431  
С23

Рекомендовано  
Ученым советом республиканского унитарного предприятия  
«Научно-практический центр гигиены»  
(протокол № 8 от 21 ноября 2022 г.)

Главный редактор — кандидат медицинских наук, доцент *С. И. Сычик*  
Ответственный редактор — кандидат медицинских наук *С. Л. Итпаева-Людчик*  
Редактор — *Н. Н. Каранкевич*  
Технический редактор — *Т. И. Вершило*

Под общей редакцией заместителя Министра – Главного государственного  
санитарного врача Республики Беларусь *А. А. Тарасенко*

Редакционная коллегия:

С. И. Сычик, к. м. н., доцент; С. Л. Итпаева-Людчик, к. м. н.; Г. Е. Косяченко, д. м. н., доцент;  
В. В. Шевляков, д. м. н., профессор; И. В. Арбузов; Л. Л. Бельшева; Р. В. Богданов, к. м. н.;  
А. М. Бондарук, к. м. н.; Н. В. Буневич, к. х. н.; В. М. Василькевич, к. м. н.; Н. А. Грекова;  
В. А. Грынчак, к. м. н.; Е. А. Гутич, к. м. н.; Е. В. Дроздова, к. м. н., доцент; Н. В. Дудчик, д. б. н., доцент;  
О. М. Жукова, к. т. н., доцент; В. А. Зайцев, к. м. н., доцент; А. В. Зеленко, к. м. н.; Н. А. Ивко, к. б. н.;  
И. И. Ильюкова, к. м. н.; В. В. Кляус, к. б. н.; А. А. Кузовкова, к. б. н.; Е. В. Николаенко, к. м. н.;  
С. Ю. Петрова, к. м. н.; Е. И. Полянских, к. х. н.; Т. Н. Пронина, к. м. н.; И. А. Просвирякова, к. м. н.;  
Н. Н. Табелева, к. м. н.; Е. В. Федоренко, к. м. н., доцент; Н. В. Цемборевич, к. м. н.;  
В. Г. Цыганков, к. м. н., доцент; В. А. Шарамков

С23 **Сборник** материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (Минск, 24–25 ноября 2022 г.) / М-во здравоохран. Респ. Беларусь. Науч.-практ. центр гигиены; под общ. ред. А. А. Тарасенко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2022. – 642 с.: ил.

ISBN 978-985-553-773-2.

В сборнике освещены актуальные проблемы профилактической медицины, в том числе по гигиенической оценке воздействия факторов среды обитания человека и анализу рисков здоровью, радиационной безопасности, медицине труда и профессиональной патологии, гигиене детей и подростков, профилактической, экологической и промышленной токсикологии, мониторингу факторов среды обитания человека и методам аналитического лабораторного контроля, а также актуальные вопросы теории и практики государственного санитарного надзора.

Издание рассчитано на врачей-гигиенистов, врачей-токсикологов, врачей-профпатологов, работников практических учреждений системы здравоохранения, научных сотрудников учреждений медико-биологического профиля, профессорско-преподавательский состав, аспирантов, докторантов, студентов высших учебных заведений и учреждений последиplomного образования, других специалистов.

УДК 613/614(06)  
ББК 51.2я431

ISBN 978-985-553-773-2

© Составление. Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», 2022  
© Оформление. РУП «Издательский центр БГУ», 2022

## Раздел 1

# ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. СТАТЬИ

---

## ANALYSIS AND INVESTIGATION OF RESEARCH METHODS ON THE EFFECTS OF AIR POLLUTION ON HUMAN HEALTH

<sup>1</sup>*Liu Zhenyu, master student, 1109736703@qq.com,*

<sup>2</sup>*Bukata A., student, lemeshonak@yahoo.com*

<sup>1</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

The human body breathes an average of 15 m<sup>3</sup> of air per day, so the danger of polluted air to the human body is self-evident. In the 20<sup>th</sup> century, with the rapid development of modern industry, air pollution has become increasingly serious, and the concentration of pollutants has risen sharply, causing great harm and threat to human health. In the world-famous 20<sup>th</sup> century, the «eight major public health events», air pollution events have caused a large number of morbidity and mortality. These successive air pollution events have aroused the concern of the government and the public about air pollution, and also promoted research institutions to study the impact of air pollution on human health. Research on the health effects of atmospheric particulate matter, a representative pollutant of air pollution and the primary pollutant in most cities, has received widespread attention. Several studies have shown the adverse effects of air pollution on the environment and human health, especially on respiratory diseases [1].

The known research methods are mainly divided into two categories: epidemiological studies and experimental studies. This paper explores the role played by each of these two research methods in the field of air pollution effects on human health, and compares and analyzes the applicable population, health effects, confounding factors, advantages and disadvantages of these two research methods.

Maas river valley smog event in Belgium: from December 1<sup>st</sup> to 5<sup>th</sup>, 1930, due to the special geographical location of the Maas River Valley area, the phenomenon of «temperature reversal» occurred, which caused the harmful gases discharged from the industrial area to accumulate in the near-surface layer, could not spread, and eventually caused thousands of people in the area to suffer from respiratory diseases, and 63 people died, most of whom were elderly and patients with chronic heart disease or lung disease.

Photochemical smog event in Los Angeles, USA, Los Angeles began oil development in 1936. With the rapid development of aircraft manufacturing and military industry during World War II, in the early 1940s, Los Angeles already had 25 million cars, consumed about 16 million liters of gasoline every day, and emitted a lot of pollutants into the atmosphere. Under the action, a photochemical reaction occurs and photochemical smog is formed. In the two photochemical smog events in December 1952 and September 1955, more than 800 people over 65 years old in Los Angeles died, and many people suffered from eye pain, headache, and breathing [2].

The United States in October 26–31, 1948, due to the anticyclone and inversion of control and a large amount of pollutants from smoke was closed in the valley, serious air pollution influence to 5911 people, 43% of the population, the patients' symptoms mainly sore eyes, sore throat, runny nose, cough, headache, body spent acid, vomiting, diarrhea. In the end, 17 people died.

The London smog event in the United Kingdom, from December 5 to 8, 1952, the sky over London was controlled by a high-pressure system, and a large number of factories and residents burned coal for heating. The exhaust gas was difficult to diffuse and accumulated over the city. During the five-day period, more than 5.000 people died, and more than 8.000 people died in the two months after the fog passed.

*Epidemiological studies.* The establishment of the «London epidemiological society» in 1850 marked the formation of the discipline of epidemiology and the science of strategies and measures to promote health. In the middle of the 20<sup>th</sup> century, modern epidemiology began to develop, and the research field became more and more extensive, from the initial focus on infectious diseases to chronic non-communicable diseases, and the research methods were constantly improved, mainly including cross-sectional studies, case-control studies, cohort studies and time-series studies.

Cross-sectional study (cross-sectional study), also known as prevalence study or current situation study, refers to the application of census or sampling survey in a population to collect relevant variables, diseases or health data to describe the current distribution of disease or health status and the relationship between factor and disease, and then put forward a certain etiological hypothesis D according to the difference in the distribution of disease and health status. This method is to study the situation at a specific time point or time period, so it only reflects the situation at the research time point or time period, and belongs to descriptive research. In 2006, Wu Jiagang et al. [5] selected areas with high, medium and low air pollution levels in Guangzhou, and selected in total of 2.179 primary school students from three areas to conduct a cross-sectional study to analyze the effect of different air pollution levels on children's respiratory symptoms and diseases. The results showed that boys in high pollution areas had higher risk of wheezing, previous asthma, current allergic rhinitis and current bronchitis than boys in low pollution areas, while girls in high pollution areas coughed, snorted, and had previous asthma when they had a cold. The risk of previous allergic rhinitis, current allergic rhinitis and previous pneumonia was higher than that of girls in low-pollution areas, and it was concluded that children in high-concentration areas of air pollution had significantly higher risk of respiratory symptoms and diseases than those in low-concentration areas.

Case-control study (case-control study), also known as retrospective study, takes patients diagnosed with a specific disease as the case group and comparable individuals without the disease as the control group. Or review case files, etc., to compare the differences in various exposure factors between the case group and the control group. If there is a statistical difference between the two groups of a certain research factor, it can be considered that there is a statistical relationship between the factor and the disease. After evaluating the influence of various biases on the research results, and then by means of etiological inference technology, it is inferred that one or some exposure factors are risk factors of disease, and the purpose of exploring and testing the hypothesis of disease etiology is achieved. The scope of application of case-control studies includes the evaluation of the efficacy of drugs or other therapies, the study of etiology or other risk factors, the observation of adverse drug reactions, and the early diagnosis of diseases [4]. The advantages of case-control studies are that they are convenient, economical, obtain results in a short time, and provide clues to the cause. 2021, Jingwei Zhang et al [5], on 2.087 elementary school students aged 9–11 years old in Tianjin, lung function tests were performed on each student from 2015 to 2017, and a case-control study was used to investigate the effects of air pollution and green space on impaired lung function in children, with most air pollutants acting individually and in combination at different lags on the lung function of students detrimental effects. Exposure to greenery has a protective effect on children's lung health.

A cohort study is to divided a specific population into different subgroups according to whether they are exposed to a suspicious factor or degree of exposure. It is an observational research method to determine whether there is a causal association between these factors and the outcome and the degree of association. In the study of disease etiology, the hypothesis is often established or initially verified through case-control studies, and then the hypothesis is further verified by cohort studies. There are three types of cohort studies: prospective cohort study, retrospective cohort study and two-way cohort study [4]. In a prospective cohort study, the grouping of research subjects is determined according to the current exposure status of the research subjects. At this time, the results of the study have not yet appeared, and it takes a period of prospective observation to obtain. The advantage of this method is that the researcher can directly obtain the results. First-hand data on exposures and outcomes, and therefore less biased, results are reliable and, if appropriate in real-time, can provide incidence, relative risk, and inferences about causality more than other epidemiological investigations. The disadvantages are that the sample size of the observed population is large, the observation time is long, and the cost is high, which affects its feasibility, and the research subjects will be lost in the follow-up. The research subjects of retrospective cohort studies are based on their selection and grouping by characteristics or exposures at a point in the past, and then traced back to the period from that time to a later point in time or until the time of the study, the death or death of each member from the existing records. Incidence, compared with prospective cohort studies, retrospective cohort studies can save a lot of human and material resources because the disease studied at the beginning of the study has already occurred. Bidirectional cohort studies are also called mixed cohort studies, that is, in historical cohort studies. On the basis of continuing prospective observation for a period of time, it is a model that combines prospective cohort studies with historical cohort studies. Therefore, it has the advantages of both prospective cohort studies and historical cohort studies, and to a certain extent. Relatively make up for their respective deficiencies.

Time-series study (time-series study) is a theory and method of establishing mathematical models through curve fitting and parameter estimation based on observed time-series data. When changing, it may be useful to observe how the change affects certain biological effects. The advantage of time

series studies is that by repeatedly observing the population health effects of changing exposure conditions in the same study population, some variables related to time changes (such as age changes, smoking, etc.) are no longer a potential confounding factor. At present, the General Additive Model (GAM) based on time series has been widely used in the research field of the impact of air pollution on human health. On the basis of confounding factors such as air pressure, temperature and humidity), the air pollution factors that contribute to the daily death toll of the target population are analyzed. The number that would result in an increase in daily deaths (both total and by category).

**Toxicological studies.** Toxicology is a discipline that studies the toxicity and mechanism of action of exogenous factors (chemical, physical, and biological factors) on organisms, and evaluates the degree of toxicity and action [2]. Toxicological experimental research of particulate matter is to elucidate the toxicity mechanism of particulate matter through *in vitro* and *in vivo* experiments under strict control of experimental conditions, applying molecular biology and toxicology methods. *In vivo* test is an experimental study that uses experimental animals (such as rats and mice) to inhale or instill inhalation of particulate matter to establish an animal model of exposure to particulate matter and the dose level of unobserved adverse effects will provide important help. *In vitro* experiments are experimental studies using isolated tissues, cells and biological macromolecules as test materials, which are suitable for the study of the mechanism of biological effects. The substance can be particulate matter or an organic extract of particulate matter, and the cells usually used are lung macrophages, lung fibroblasts, alveolar epithelial cells, vascular endothelial cells and cardiovascular smooth muscle cells. The methods of exposure include liquid bathing, liquid perfusion and gas perfusion and other methods.

Although the toxicological research of particulate matter has made great progress in recent years, the mechanism of the harmful effect of particulate matter on human health is not clear. According to different types of particulate matter and different components of particulate matter, researchers have put forward various hypotheses, including the hypothesis based on physical characteristics, the hypothesis of harmful organic components, the hypothesis of acid aerosol, the hypothesis of biomass components and oxidative damage. Hypotheses, etc. [3], among which the most widely recognized hypothesis is the oxidative damage hypothesis. After the components in the particulate matter (such as transition metal elements Fe, Cu, etc.) enter the human body, they can generate free radicals. In addition, the particulate matter can also act on alveolar epithelial cells or macrophages, thereby activating phagocytes and producing a large amount of extracellular activity. Oxygen (ROS) free radicals can act on lipids, proteins and DNA after generation, causing membrane lipid peroxidation, protein oxidation or hydrolysis, induction or inhibition of protease activity and DNA damage [5].

Figure 1 shows two different pathways of particulate matter entering the human body. Part of the particulate matter entering the human body can be successfully removed by macrophages. When the phagocytosis of macrophages is hindered, the particulate matter will pass through the epithelium. At this time, the particulate matter between cells cannot be removed through the normal way, but remains in the cell to stimulate cells and change lymphocytes chronically, thereby increasing the chance of the particulate matter reacting with epithelial cells, which is conducive to the entry of particulate matter into the lungs. It leads to cell and tissue damage, thereby increasing morbidity and mortality. Aiming at the mechanism of atmospheric particulate matter-induced cardiovascular disease, relevant scholars put forward several

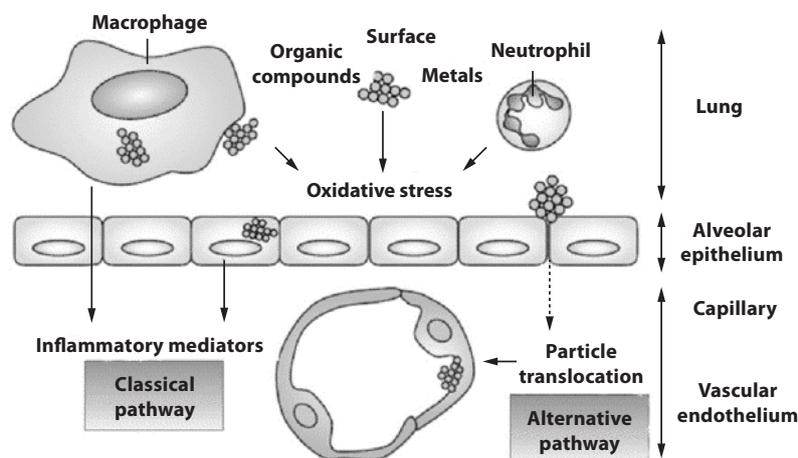


Figure 1 – Different pathways for particles to enter the body: normal clearance pathway (left half) and particles entering interstitial cells (right half)

possible mechanisms based on epidemiological and toxicological research results: inflammatory response. It promotes atherosclerosis, vascular endothelial injury and changes the function of cardiac autonomic nerves. These processes work together to eventually lead to cardiovascular diseases [2, 5].

*Conclusion.* This paper systematically describes the classification, principles and characteristics of epidemiological studies and toxicological studies. These research methods will play a key role in the study of air pollution and human health effects. Since the toxicological mechanisms of human health damage caused by atmospheric particulate matter are not yet clear, epidemiological studies need to remain as the main research method. Epidemiological studies can reveal the association between particulate matter exposure and some human health indicators (e.g., respiratory cardiovascular disease incidence, changes in lung function, mortality, etc.), especially for sensitive populations. Although epidemiological studies have demonstrated the effects of particulate matter exposure on human health, its mechanism of action still needs to be demonstrated and explained by toxicological experiments. For example, *in vitro* and *in vivo* experiments are conducted to elucidate the mechanisms of particulate matter toxicity. Therefore, in order to properly evaluate the hazards of environmental pollutants on human beings, epidemiological investigation should be the main research method and toxicological experiments should be the secondary research method, and the two methods should complement each other rather than using a single research method.

## References

1. *Maftai, C.* The Impact of Air Pollution on Pulmonary Diseases: A Case Study from Brasov County, Romania / C. Maftai, R. Muntean, I. Poinareanu // *Atmosphere*. — 2022. — 13(6): — 902.
2. *Tian Lei.* Acute health effects and research methods of atmospheric particulate matter / Tian Lei, Xi Zhige // *PLA Preventive Medicine Journal*. — 2010. — Vol. 28, № 5. — P. 383–386.
3. *Li Liming.* Retrospect and prospect of epidemiological development / Li Liming, Wang Yanhong, Lu Hua // *Chinese Journal of Disease Control*. — 2008. — Vol. 12, № 4. — P. 304–308.
4. *Xu Dezhong.* Implementing methods of commonly used design schemes in clinical medical research Lecture 3 Cohort study / Xu Dezhong // *Chinese Journal of Practical Pediatrics*. — 2008. — Vol. 23, № 3. — P. 237–240.
5. *Xu X.* Theoretical model and actual characteristics of air pollution affecting health cost: a review / X. Xu, H. Yang, C. Li // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 2022. — Vol. 19, № 6. — P. 3532.

Поступила 12.09.2022

## PROBLEMS AND CONTROL MEASURES OF URBAN SOIL POLLUTION IN SHANDONG PROVINCE

<sup>1</sup> Yanhui Xu, 2826380336@qq.com,

<sup>1,2</sup> Lemiasheuski V., PhD, lemeshonak@yahoo.com

<sup>1</sup> International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup> All-Russian research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals — branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Borovsk, Russia

Shandong Province is a large province of agriculture, economy and population in China, with a high level of urbanization. In the process of urbanization, Shandong Province is faced with many environmental pollution problems, such as air pollution, water pollution, soil pollution and so on. Especially under the premise of the vigorous development of agriculture, industry and the rapidly expanding size of cities and towns, the demand for land is greater and more demanding. How to protect the soil environment and reduce the damage caused by human factors is an important task facing Shandong Province.

As a coastal province in the east of China, Shandong Province belongs to the Bohai Rim economic circle and is close to the Yangtze River Delta economic circle. Both in terms of population and economic development level, Shandong Province is at the forefront of China. In 2021, the gross product (hereafter — GDP) of Shandong Province is about 8309,59 billion yuan [3], which is about 1319,32 billion US dollars. Two of them, Qingdao and Jinan, both exceeded 1 trillion yuan in GDP. From 2016 to 2020, the urbanization

rate of Shandong Province increased from 57,01 % to 63,05 %, with an average annual increase of 1,2 percentage points. It is expected that the urbanization rate of Shandong will reach about 68 % by 2035 [2].

Jinan and Qingdao are seriously advanced in urbanization, but as the leading cities in Shandong, their development is reasonable. The relationship between urbanization and economic development in other regions shows obvious east-west differences, with urbanization level decreasing from east to west [1]. Urbanization and industrialization have brought great material wealth and comfortable and convenient life to human beings, but they have also caused unprecedented pollution to the environment.

*Present situation of urban soil pollution in Shandong Province.* Soil is the product of the interaction of climate, vegetation, and other soil-forming factors, which is closely related to climate, vegetation and other natural environmental conditions. The normal play of soil function is an important link in the whole ecosystem [4]. However, with the transformation and pollution of urban soil surface system caused by industrialization and the intensification of urban human activities, urban soil has gradually lost many properties of natural soil, which is extremely unfavorable to urban environment.

Because of the diversity of human activities and contents in cities, the morphology of urban soil is diverse. Taking the influence of common urban construction projects on soil as an example: shallow soil is mixed with construction waste to form soil; The soil void reduction, water holding capacity and air permeability caused by road compaction all make the urban soil different from the natural soil in terms of natural properties and has obvious special properties [4].

The development of urban industrialization is often accompanied by a large amount of domestic garbage and industrial pollution, which causes important changes in the chemical properties of urban soil.

*Main sources of soil pollution in Shandong Province.* Industrial pollution. Industrial pollution mainly comes from wastewater, waste gas and solid wastes produced by mining and production enterprises. For example, Shandong Province has many smelting, chemical, non-ferrous metal, pharmaceutical and other industries. Part of the production enterprises emissions falls below contains a lot of heavy metal wastewater and waste residues, these substances will go deep into the soil, some heavy metals cannot be microbial degradation, and long-term accumulation, very unfavorable influence on the use of urban land, so the heavy metal pollution has become one of the most serious pollution soil pollutions in cities of Shandong province.

Domestic pollution. Domestic pollution mainly includes domestic garbage, human and animal waste and domestic sewage. Urban soil is affected by pathogenic microorganisms and viruses of sewage, unreasonable or not thorough life sewage purification to leach into the soil, causing soil subjected to viruses and pathogenic microorganisms [2], these emissions into the water and the soil, to produce a serious health threat to the human body.

Agricultural pollution. Agricultural soil pollution mainly comes from the use of pesticides and fertilizers. The use of organochlorine and organophosphorus pesticides leads to serious organic pollution of urban soil.

Shandong is a major agricultural province in China. In 2021, the grain output of Shandong was 55 billion Kg, ranking the third in China, and the output of vegetables and fruits was the first in China. Therefore, the agricultural pollution problem in Shandong is more prominent than that in other provinces. In addition, there are still straw burning emissions caused by pollution in Shandong. The particles and various gaseous pollutants released by the open burning of straw settle into the soil and become one of the sources of pollution such as polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil [4]. However, straw burning has been banned in most cities in recent years.

Traffic pollution: car exhaust. Many harmful substances emitted from automobile exhaust will enter the soil environment through atmospheric deposition, such as lead, cadmium and other heavy metals will be deposited in the soil on both sides of urban roads.

*Take Zhangdian District of Zibo City as an example.* Zibo City is in the middle of Shandong Province (35°55'20"N-37°17'14"N, 117°32'15"E-118°31'00"E), with an area of 5965 km<sup>2</sup>. It located in the transition region between mountain and plain topography, and the height difference between north and south is large, which belongs to the semi-humid and semi-arid continental climate. The average annual temperature is about 12,5–14,2 °C. Good natural environment provides high quality agricultural development conditions for Zibo, and the agricultural land area accounts for 34,98 % of the total land area of the city. Zibo City is rich in mineral resources, the central region is widely distributed in coal, iron, bauxite and other resources, mineral aggregation degree is high. The modern industrial development history of Zibo has been more than one hundred years. Petrochemical, metallurgy, building materials, medicine and machinery industries are the pillar industries of economic development of Zibo City. Zhangdian District is the main urban area of Zibo city, and the center of the traffic network of Zibo city.



Descriptive statistics of soil heavy metals in Zhangdian District in 2010 and 2020 are shown in table 1. The average content of As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb and Zn in the soil sampled in 2010 was in the order of Mn > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Co > As > Cd > Hg. Taking the heavy metal content in the soil of Shandong Province as the background value, except As, Co and Mn, the other elements of the 10 heavy metals in Zhangdian District exceeded the background value of Shandong Province to varying degrees. In 2020, the average content of As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb and Zn in soil was in the order of Mn > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Co > As > Cd > Hg from small to large [3]. As can be seen from the table, the content of all heavy metals in the soil in 2020 was significantly higher than that in 2010, and only Co decreased, indicating that heavy metals in the soil environment in this area had accumulated to a certain extent in the past 10 years.

*Protection measures for urban clean soil in Shandong Province.* Main tasks of current urban soil protection in Shandong Province. Carry out soil pollution survey to master soil environmental quality. Because of existing surveys, we will carry out detailed surveys of soil pollution, focusing on agricultural land and land used by enterprises in key industries, and establish a periodic survey system of soil environmental quality at the provincial, city and county levels, to be carried out once every 10 years. To establish a soil environmental quality monitoring network in Shandong Province, unified planning, integration, and optimization of soil environmental quality monitoring points, and improve the level of soil environmental information management.

Implement classified management of agricultural land to ensure the safety of agricultural production environment. According to the technical guidelines on classification of soil environmental quality of agricultural land issued by the State, agricultural land is divided into three categories according to the degree of pollution. Unpolluted and slightly polluted land is classified as priority protection, light and moderate polluted land is classified as safe use, and heavy polluted land is classified as strict control. Strict control on the priority protection of cultivated land area new non-ferrous metal smelting, petroleum processing, chemical, pharmaceutical, coking, electroplating, tanning, emissions of heavy metals such as lead battery manufacturing project, persistence, volatile organic compounds and organic materials, the existing relevant industry enterprises to adopt new technology, new technology, to speed up the pace of upgraded.

Implement construction land access management to prevent risks of human settlements. We will strengthen the protection of unpolluted soil and strictly control new soil pollution. To study and formulate soil pollution control and remediation plans for plots with soil pollution remediation conditions and carry out remediation; The contaminated land which is not developed and utilized temporarily or does not have the treatment and restoration conditions at the present stage. We will strictly enforce access conditions for land use and fulfill oversight responsibilities.

Strengthen the supervision of pollution sources, carry out soil pollution control and remediation, and improve regional soil environmental quality. According to the principle of «who contaminates, who controls», the unit or individual responsible for soil pollution should assume the main responsibility for treatment and rehabilitation, and each city should determine the key areas for treatment and rehabilitation according to the degree of farmland pollution, environmental risks, and their impact scope.

Strengthen scientific and technological research and development to promote the development of environmental protection industry. We will implement the project to build a platform for scientific research and innovation in universities and the university collaborative innovation plan, and select and build several key laboratories, scientific research bases, engineering and technology research centers and university collaborative innovation centers for soil pollution prevention and control [2].

Soil pollution prevention and control measures in Shandong Province. Strengthen government leadership and improve policy mechanisms. Local finance should increase support for soil pollution prevention and control and take effective measures to encourage relevant enterprises to participate in soil pollution control and remediation.

Improve laws and regulations and standard system. We will strengthen supervision and law enforcement and promote public interest litigation.

Strengthen the target assessment, strictly investigate the responsibility, strengthen the coordination and linkage of departments, implement the enterprise responsibility, and implement the target responsibility system [1].

Strengthen social supervision, carry out publicity and education, and guide public participation.

*Conclusion.* Due to the influence of many human factors, compared with natural soil, urban soil is unfavorable to vegetation growth, urban greening, environmental purification, and urban ecological virtuous cycle. The rapid development of urbanization and industrialization not only reduces the content of organic

matter in urban soil, but also causes the content of heavy metals to exceed the standard. The impact of soil pollution on human body is potential, cumulative, and inevitable.

From Shandong province issued related to soil pollution prevention measures as you can see, the environment pollution control and protection is not a city, a certain enterprise or individual, but the need is dominated by the government, the whole society to participate, only strengthen the protective measures, improve the environmental protection consciousness, promote environmental protection ability and level, to the greatest extent to reduce the effects of environmental pollution.

## Reference

1. *Xiu Yingchang*. Spatial Pattern of the relationship between urbanization and economic development in Shandong Province / Xiu Yingchang, Li Haixia, Gao Jinggui // Journal of Shandong University of Technology. — 2017. — Vol. 31, № 3. — P. 11–24.

2. *Xu Chunya*. Evolution of urban soil Ecological service. Function and analysis of urban ecological environment protection / Xu Chunya // J. Energy and Environment. — 2019. — Vol. 30, № 4. — P. 36–42.

3. *Sun Xuefei*. Source analysis and health risk assessment of heavy metals in soil and dust of typical industrial cities in Shandong Province / Sun Xuefei // [D], Shandong Normal University Master's Academic Thesis. — 2021. — Vol. 6. — P. 98–111.

4. *Bowen Jiang*. Evaluation and Treatment Analysis of Air Quality Including Particulate Pollutants: A Case Study of Shandong Province, China / Bowen Jiang, Yuangang Li, Weixin Yang // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2020. — Vol. 17, № 24. — P. 9476.

Поступила 19.09.2022

## НИЗКОДОЗОВОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ

*Бондарева Л.Г., к.х.н., доцент, bondarevalg@fferisman.ru,  
Федорова Н.Е., д.б.н., fedorovane@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Экотоксикологические исследования значительно расширились за последние десятилетия после экспоненциального роста производства и использования химических веществ в сельском хозяйстве, медицине и различных промышленных секторах, что привело к увеличению выбросов токсичных загрязнителей в поверхностные водоемы во всем мире. В настоящее время государственная политика Российской Федерации и всего остального мира направлена на оценку и мониторинг воздействия вредных химических веществ как на окружающую среду, так и на здоровье человека с использованием различных стратегий, включающих токсикологические и экотоксикологические тесты, разработанные для предоставления подходящих инструментов для анализа негативного воздействия токсикантов [1].

Растения ведут относительно прикрепленный образ жизни и не способны избегать воздействия неблагоприятных факторов. В связи с этим различные показатели растений широко используются в биоиндикации для оценки качества окружающей среды. Во многих случаях биоиндикация базируется на представлениях токсикологии о том, что зависимости доза-эффект для параметров состояния организма в подавляющем большинстве случаев являются монотонными, т.е. при увеличении уровня антропогенной нагрузки с высокой вероятностью будет наблюдаться только ухудшение биоиндикационных показателей растений, поэтому их значение отражает качество окружающей среды.

К немонотонным зависимостям доза-эффект относятся гормезис и парадоксальные эффекты. Гормезис представляет собой двухфазную зависимость доза-эффект, при которой низкие дозы воздействующего фактора оказывают стимулирующее (положительное) влияние на биологический объект, а высокие дозы фактора оказывают ингибирующее, т.е. повреждающее, воздействие. К парадоксальным эффектам относятся зависимости доза-эффект (двухфазные или многофазные), при которых увеличение дозы токсиканта приводит к снижению его повреждающего воздействия и, на-

оборот, снижение дозы токсиканта увеличивает его повреждающий эффект. Существующее определение парадоксальных эффектов фактически охватывает все варианты немонотонных зависимостей доза-эффект, кроме двухфазной горметической кривой [2].

Целью работы было проведение модельных поисковых экспериментов по изучению низкодозового химического воздействия на живые организмы — водные растения.

Для настоящих исследований был выбран наиболее распространенный вид водных растений — элодея канадская (*Eloдея canadensis*). Использовались верхушечные мутовки элодеи. Для экспериментов по изучению чувствительности элодеи канадской к действию разных концентраций ионов тяжелых металлов использовали растворы солей никеля, меди, цинка, свинца с определенной концентрацией (мг/л):  $Zn^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$  — 0,005; 0,01; 0,05; 0,25;  $Cd^{2+}$  — 0,001; 0,005; 0,025; 0,125;  $Cu^{2+}$  — 0,0005; 0,001; 0,005; 0,025;  $Pb^{2+}$  — 0,003; 0,006; 0,030. В качестве контроля использовали 20%-ную среду Штейнберга. Также были изучены следующие диапазоны концентраций токсикантов (от сублетальных концентраций до значений, меньших на несколько порядков):  $3,13 \times 10^{-4}$  — 1,28 г/л нитрата свинца;  $3,13 \times 10^{-4}$  — 0,08 г/л сульфата кадмия;  $7,81 \times 10^{-5}$  — 0,32 г/л сульфата меди;  $1,25 \times 10^{-3}$  — 5,12 г/л сульфата марганца;  $2,44 \times 10^{-6}$  — 0,01 г/л пестицида этаметсульфурон-метила. При выборе концентрации вносимых металлов учитывали их санитарные нормы, установленные в Российской Федерации, для вод поверхностных водоемов хозяйственного назначения [3].

Содержание загрязнителей определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием Solaar M6, Thermo Electron Corp. (США). Изучение фитотоксического действия проводили флуориметром Фотон-10 на живых растениях сразу после их извлечения из опытных систем. Содержание этаметсульфурон-метила определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа Agilent-1200 (США).

По результатам химического анализа клеточных мембран растений было выявлено следующее. В присутствии ионов меди происходит постепенное увеличение содержания металла в стенках клеточных мембран. Чем выше концентрация вещества, тем быстрее идет его накопление с последующим выведением. Максимум накопления происходит в диапазоне от 1 до 25 мкг/л на ранние сроки (3–7-е сутки), а при 0,2 мкг/л — на более поздние (15-е сутки). Таким образом, результаты замедленной флуоресценции показывают, что водное растение элодея может адаптироваться к водной среде, содержащей ионы металлов, относящиеся к разным классам опасности.

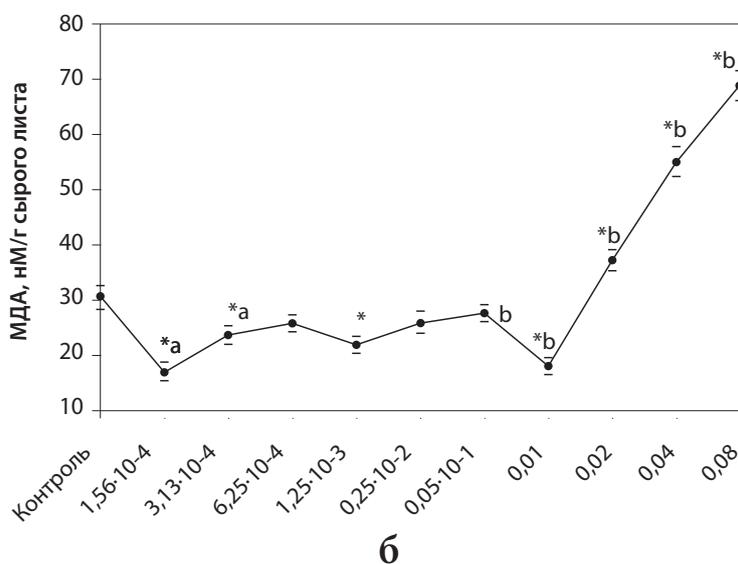
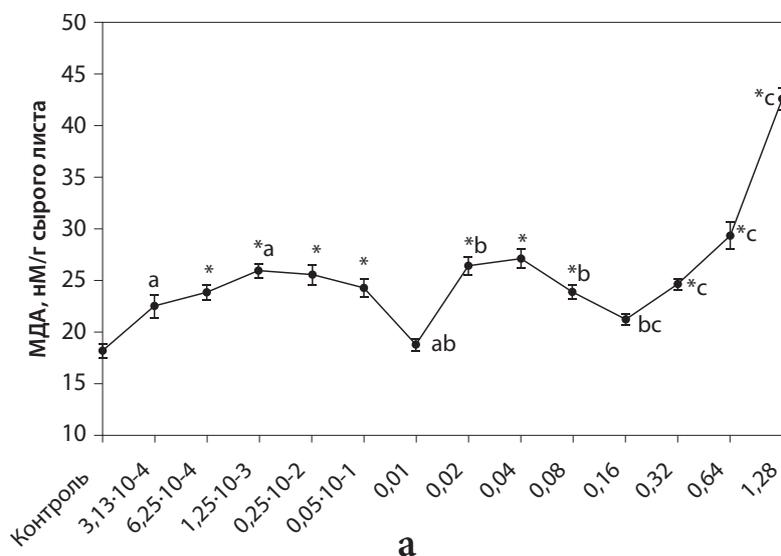
Наиболее часто тестируемыми тяжелыми металлами являются медь (далее — Cu), кадмий (далее — Cd), хром (далее — Cr) и цинк (далее — Zn), а также перечислены виды растений, которые наиболее широко используются для проверки их действия. Наиболее часто выявляемыми реакциями этих видов на присутствие тяжелых металлов являются: снижение скорости роста, увеличение скорости некроза и хлороза, окислительный стресс и ингибирование фотосинтеза, увеличение содержания малонового диальдегида и антиоксидантные реакции.

В условиях нашего эксперимента на примере хронического изолированного воздействия поллютантов различной химической природы (солей тяжелых металлов — Pb, Cd, Cu, Mn, а также пестицида этаметсульфурон-метила) в широком диапазоне доз (от сублетальных до в десятки раз меньших) были изучены распространение и закономерности гормезиса и парадоксальных эффектов эколого-морфологических (флуктуирующая асимметрия — ФА) и физиолого-биохимических (интенсивности перекисного окисления липидов, содержания фотосинтетических пигментов, параметров роста) показателей.

При действии большинства токсикантов (солей Pb, Cu, Mn, этаметсульфурон-метила) были выявлены парадоксальные эффекты, а при действии соли кадмия для данного показателя был получен гормезис (рисунок 1). Изменение содержания пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) в листе в условиях воздействия разных поллютантов имело две или более фазы и соответствовало парадоксальным эффектам.

Исключением являлся уровень каротиноидов при действии соли марганца и хлорофиллов при действии пестицида. Статистически значимые изменения данных показателей не были выявлены. При действии большинства токсикантов на линейные размеры проростков были получены парадоксальные эффекты. В то же время пестицид вызывал монотонное уменьшение длины побега, а соль кадмия оказывала аналогичный эффект в отношении размеров корневой системы и побега.

Когда тяжелые металлы попадают в водную среду, они поглощаются растениями, а затем передаются животным, тем самым биоаккумулируясь в пищевой цепи, что создает высокий риск для безопасности экосистемы, а также для здоровья человека. Тяжелые металлы повсеместно встречаются в природных системах в различных концентрациях и химических формах, что, в свою очередь, определяет их транспортную эффективность, пути биоаккумуляции и, таким образом, токсичность для растений.

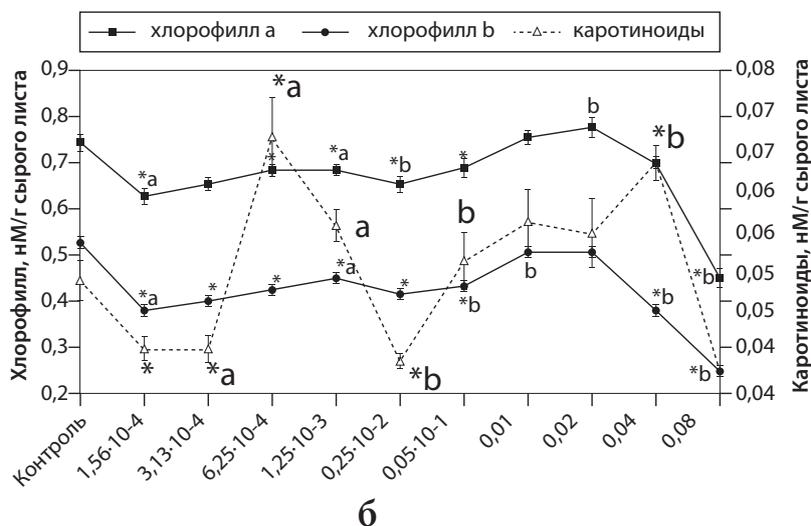
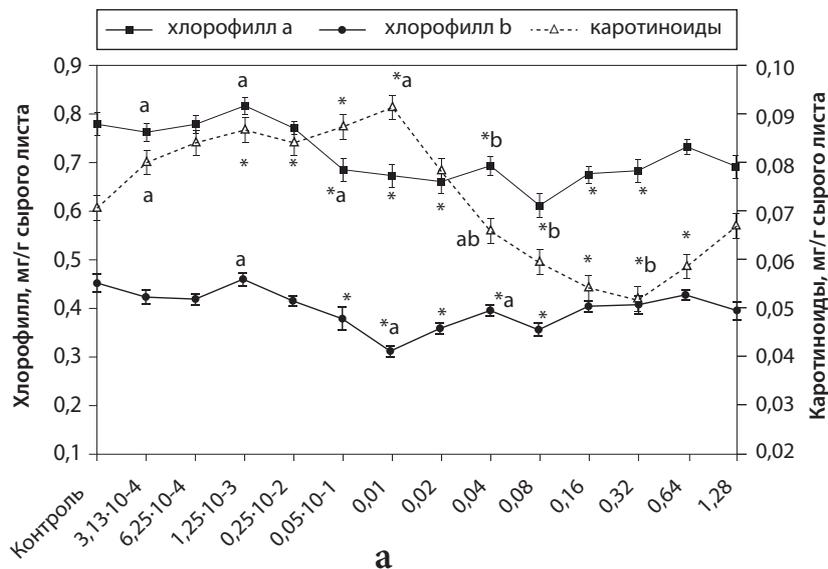


**Рисунок 1 – Интенсивность перекисного окисления липидов в первом листе побега при действии соли свинца (а) и этаметсульфурон-метила (б) ( $\bar{x}_{cp} \pm s_{xcp}$ ; n = 10)**

Таким образом, исследованные поллютанты в большинстве случаев (85,7% от всех зависимостей доза-эффект) вызывали развитие немонотонных изменений изученных показателей побегов элодеи. При этом чаще всего немонотонные зависимости являлись парадоксальными эффектами (94,5% от всех немонотонных ответов). Гормезис встречался достаточно редко (5,5% от всех немонотонных ответов). Наиболее часто немонотонные зависимости наблюдались у биохимических показателей (например, содержания пигментов), особенно у тех, которые непосредственно участвуют в регуляции состояния растения при стрессе.

Данные факты показывают, что гормезис и парадоксальные эффекты являются взаимосвязанными явлениями.

В большинстве случаев при действии одного и того же токсиканта для разных показателей побегов были получены различные варианты парадоксальных эффектов либо даже разные типы зависимостей доза-эффект (гормезис, парадоксальный эффект, монотонный ответ). К тому же сублетальные концентрации вызывают срыв антиоксидантной защиты, истощение энергетических и пластических ресурсов растения, что приводит к ингибированию роста. В то же время существенного снижения содержания фотосинтетических пигментов не происходит, вероятно, вследствие значительных затрат энергии на процесс фенотипической адаптации, единственным источником которой у растений является фотосинтез.



**Рисунок 2** – Содержание фотосинтетических пигментов в первом листе побега элодеи при действии раствора соли свинца (а) и этиметсульфурон-метила (б) ( $x_{cp} \pm s_{xcp}$ ;  $n = 10$ ).  
\* статистически значимые различия по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ );  
одинаковыми буквами обозначены статистически значимо различающиеся средние опытных групп на данном участке графика

Работа выполнена при финансовой поддержке Отраслевой программы Роспотребнадзора (фундаментальные исследования), рег. номер 121090800090–4.

### Литература

1. Dole, J.M. Floriculture: principles and species / J.M. Dole, H.F. Wilkins. — 2-nd ed. — Pearson, 2004. — 1048 p.
2. Шитиков, В.К. Экотоксикология и статистическое моделирование эффекта с использованием R / В.К. Шитиков. — Тольятти: ИЭВБ РАН, 2016. — 149 с.
3. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: санитар. нормы и правила СанПиН 1.2.3685–21: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача РФ 28.01.2021 № 2. — Введ. 01.03.2021. — М., 2021. — 469 с.

Поступила 20.09.2022

## **ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ, ВОДЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ: ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И РИСКА ЗДОРОВЬЮ**

*Долгина Н. А., [dlginan@rambler.ru](mailto:dlginan@rambler.ru),  
Цыганков В. Г., к. м. н., доцент, [vgz@tut.by](mailto:vgz@tut.by),  
Ганькин А. Н., [gankinan@gmail.com](mailto:gankinan@gmail.com)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Полиароматические углеводороды (далее — ПАУ) представляют собой большую группу загрязнителей окружающей среды и пищевых продуктов. Вероятность и частота контаминации пищевых продуктов ПАУ высоки вследствие большого числа их источников, в том числе антропогенных, в среде обитания и образования при высокотемпературных способах изготовления, прежде всего копчения. В атмосферный воздух данные соединения попадают с выхлопными газами автомобильного транспорта, выбросами объектов теплоэнергетики и промышленности. Основным источником загрязнения питьевой воды ПАУ потенциально может быть битумное покрытие водопроводных труб, применяемое для их защиты от коррозии. Таким образом, обсуждаемые вещества поступают в объекты среды обитания множественными путями [1–3].

Согласно рекомендациям Агентства по охране окружающей среды США, для оценки рисков здоровью населения необходимо учитывать комплексное поступление (с пищевой продукцией, питьевой водой и атмосферным воздухом) вышеназванных веществ в организм человека. В настоящее время данные о фактических уровнях контаминации пищевой продукции, атмосферного воздуха, питьевой воды ПАУ с учетом смеси указанных веществ, в том числе с учетом их индивидуального вклада в общий уровень ингаляционной и алиментарной нагрузки, различной степени канцерогенной и мутагенной активности, в Республике Беларусь отсутствуют [1]. Указанное обуславливает актуальность оценки загрязнения пищевой продукции, атмосферного воздуха, питьевой воды и экспозиции обсуждаемыми соединениями, поступающими в организм человека ингаляционным и алиментарным путями, а также формирующихся рисков с учетом региональных особенностей.

Целью данной работы является оценка риска здоровью населения, обусловленного комплексным поступлением (с пищевой продукцией, атмосферным воздухом, питьевой водой) отдельных ПАУ в организм человека.

Исследования выполнены в рамках научно-исследовательских работ «Разработать и внедрить методы оценки канцерогенного риска здоровью вследствие образования в процессе переработки пищевой продукции отдельных химических веществ (на примере полиароматических углеводородов и нитрозаминов)» (задание 04.01 ОНТП «Здоровье и среда обитания»), «Комплексная оценка воздействия полиароматических углеводородов на организм человека с учетом алиментарного и ингаляционного путей поступления» (грант Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № М19М-006). Определение ПАУ проводилось согласно ГОСТ 31745–2012 «Продукты пищевые. Определение содержания полициклических ароматических углеводородов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии» в 248 пробах пищевой продукции: продуктах какао-переработки, масложировой, молочной, копченой мясной и рыбной продукции, копченых сырах, хлебобулочных изделиях и кофе, в 77 пробах атмосферного воздуха по СТБ ИСО 16362–2006 «Воздух атмосферный. Определение сорбированных на твердых частицах полициклических ароматических углеводородов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии», в 200 образцах питьевой воды в соответствии с СТБ ИСО 17993–2005 «Качество воды. Определение 15 полициклических ароматических углеводородов. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием после экстракции жидкость-жидкость». Предел количественного определения (далее — ПКО) в пищевых продуктах для бенз(а)антрацена и бенз(а)пирена составлял 0,01 мкг/кг, а для бенз(б)флуорантена и хризена 0,1 мкг/кг. Предел обнаружения (далее — ПО) в атмосферном воздухе для нафталина, 2-метилнафталина, аценафтена, фенантрена, антрацена, пирена, бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена, бенз(а)антрацена, дибенз(а, h)антрацена, индено(1,2,3-сd)пирена составил 0,0016 мкг/м<sup>3</sup>, для бенз(а)пирена — 0,00033 мкг/м<sup>3</sup>, в питьевой воде — для бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена, бенз(а)пирена, индено(1,2,3-сd)пирена и бенз(г, h, i)перилена — 0,005 мкг/дм<sup>3</sup>.

Отбор проб атмосферного воздуха (максимально-разовых концентраций) проводился в осенне-зимний период 2019–2020 гг. и весенне-летний период 2020 г. в районах города Минска с различным уровнем антропогенной нагрузки:

- 1) условно чистых (спальных) районах, характеризующихся низкой плотностью транспортных потоков и большой площадью рекреационных территорий;
- 2) условно загрязненных районах (территориях с объектами промышленности и теплоэнергетики и высокой плотностью транспортных потоков).

Характеристика уровней загрязнения различных видов пищевой продукции указанными веществами на основе токсических (далее — ТЭ-БП) и мутагенных эквивалентов (далее — МЭ-БП) с учетом низкоконтраминированных проб проводилась на основании Инструкции по применению № 004–1618 «Метод гигиенической оценки содержания полиароматических углеводородов в пищевой продукции», атмосферного воздуха и питьевой воды — согласно [2].

Алиментарная нагрузка изучена в соответствии с Инструкцией по применению № 018–1211 «Оценка алиментарной химической нагрузки на население». Оценка фактического питания населения выполнена с использованием адаптированной анкеты частотного метода на основании Инструкции по применению № 017–1211 «Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов». Модели оценки алиментарной экспозиции для каждого вида продукции учитывали Me и 95P содержания контаминантов в изучаемых группах пищевых продуктов и их уровня потребления [4]. Поступление ПАУ в организм человека с питьевой водой оценивалось в соответствии с Инструкцией по применению № 019–1221 «Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду», ингаляционная экспозиция — согласно Инструкции по применению № 004–0617 «Оценка риска для жизни и здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе». Комплексная оценка экспозиции ПАУ с учетом их ингаляционного и алиментарного поступления выполнена с использованием соответствующего алгоритма [5].

Оценка риска здоровью, обусловленного загрязнением пищевой продукции, атмосферного воздуха и питьевой воды отдельными ПАУ, проведена на основании расчета индивидуального, суммарного и популяционного рисков для взрослого человека с использованием факторов канцерогенного потенциала (для индивидуальных веществ и их смеси) согласно Инструкции по применению № 222–1208 «Оценка риска здоровью населения от воздействия химических веществ, загрязняющих пищевые продукты», Инструкции по применению № 008–1217 «Метод гигиенической оценки алиментарного канцерогенного риска», Инструкции по применению № 019–1221 «Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду», Инструкции по применению № 004–0617 «Оценка риска для жизни и здоровья населения от воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе».

Статистическая обработка полученных данных проведена с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2019 и пакета Statistica 13.3. Оценка соответствия результатов исследования нормальному распределению осуществлялась с использованием критериев W-теста Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллефорса. Распределение данных считалось отличным от нормального (непараметрическим) при уровне значимости  $p < 0,05$ . Для характеристики уровня загрязнения ПАУ пищевой продукции, питьевой воды, атмосферного воздуха использованы медиана (далее — Me), интерквартильный размах [25 %; 75 %] и 95-й процентиль (далее — 95P).

На основании выполненного количественного определения ПАУ в пищевой продукции, атмосферном воздухе и питьевой воде оценены фактические уровни содержания ПАУ в указанных объектах среды обитания. Превышений гигиенических нормативов не установлено.

Количество образцов пищевой продукции, которые «квалифицируются» как «не обнаружено», составило 9,7–65,5 % (27–182 пробы), атмосферного воздуха — 44,2–100 % (34–77 проб), питьевой воды — 100 %. Поэтому для проведения комплексной гигиенической оценки содержания ПАУ в вышеуказанных объектах нами было осуществлено моделирование низкоконтраминированных проб [2, 4, 5].

Качественная характеристика контаминации свидетельствует, что в масложировой продукции и хлебобулочных изделиях превалирует хризен, в продуктах какао-переработки, копченых мясных, рыбных изделиях и сырах, молочной продукции — бенз(а)антрацен. Количественные параметры загрязнения показали, что наиболее высокое содержание бенз(а)антрацена установлено в хлебобулочных изделиях (0,55 мкг/кг), бенз(b)флуорантена в копченых мясopодуктах (0,17 мкг/кг), бенз(а)пирена в копченых рыбных продуктах (0,05 мкг/кг), бенз(b)флуорантена, хризена, бенз(а)пирена, 4ПАУ в масложировой продукции — 0,37; 2,50; 0,20; 3,72 мкг/кг соответственно. Указанное может быть связано с особенностями технологических процессов изготовления пищевых

продуктов и химическими свойствами изучаемых веществ. Так, наибольшее содержание бенз(а)антрацена, бенз(б)флуорантена и бенз(а)пирена в копченых пищевых продуктах, вероятно, ассоциировано с пиролизом органических веществ, в том числе жиров, в ходе высокотемпературных методов приготовления, бенз(а)антрацена в молочных продуктах — с переносом ПАУ в трофической цепи, бенз(а)антрацена и хризена в продуктах какао-переработки и хлебобулочных изделиях — с комбинацией процессов сушки сырья и высоких температур при изготовлении, бенз(а)антрацена, хризена, бенз(б)флуорантена, бенз(а)пирена в масложировой продукции — с сочетанием выпечечисленных факторов. Минимальные значения обсуждаемых соединений зафиксированы в кофе, поскольку ПАУ обладают гидрофобными свойствами и на стадии экстракции не переходят в готовый напиток. Аналогичные тенденции установлены при контаминации указанных групп пищевых продуктов на уровне 95Р. Интегральная оценка уровней загрязнения пищевых продуктов смесью ПАУ показала, что наиболее высокие медианные уровни обсуждаемых веществ на основе ТЭ-БП и МЭ-БП выявлены в масложировой продукции (0,36 и 0,44 мкг/кг), наименьшие — в кофе (0,03 и 0,04 мкг/кг). Максимальные (95Р) значения контаминации смесью ПАУ в пересчете на ТЭ-БП и МЭ-БП определены в копченых мясопродуктах (1,68 мкг/кг и 1,85 мкг/кг).

В атмосферном воздухе за весь период наблюдения преобладает аценафтен (2,20 нг/м<sup>3</sup>). Минимальные уровни изученных веществ установлены для бенз(а)пирена (0,17 нг/м<sup>3</sup>). Медианные значения концентраций смеси ПАУ на основе ТЭ-БП составили 4,42 нг/м<sup>3</sup>, МЭ-БП — 0,93 нг/м<sup>3</sup>. Наибольшее содержание (95Р) изученных веществ определено для аценафтена (11,60 нг/м<sup>3</sup>), фенантрена (8,96 нг/м<sup>3</sup>), 2-метилнафталина (6,41 нг/м<sup>3</sup>), антрацена (5,68 нг/м<sup>3</sup>), что обусловлено выбросами автотранспорта, так как все места отбора расположены в местах большого скопления транспорта (крупные автотрассы, паркинги возле крупных социально значимых объектов и т.д.). В ходе сравнительного анализа данных установлены статистически значимые различия в концентрациях отдельных представителей ПАУ между условно чистыми и условно загрязненными районами города для бенз(к)флуорантена ( $U = 481,5; Z = 2,5; p < 0,05$ ), в осенне-зимний период — для аценафтена ( $U = 35; Z = 3,64; p < 0,05$ ) и бенз(к)флуорантена ( $U = 60; Z = 2,80; p < 0,05$ ), в весенне-летний период — для аценафтена ( $U = 117; Z = -2,29; p < 0,05$ ). Проведенные исследования показали, что загрязнение атмосферного воздуха ПАУ в целом зависит от плотности расположения объектов промышленности и транспортной инфраструктуры.

В пробах питьевой воды содержание бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена, бенз(а)пирена, индено(1,2,3-сд)пирена, бенз(г, h, i)перилена в пределах чувствительности метода не зафиксировано, что может быть связано с неравномерностью загрязнения объектов среды обитания ПАУ. Для указанных веществ провели моделирование по уровню 0,005 мкг/дм<sup>3</sup>.

Результаты оценки экспозиции свидетельствуют, что поступление ПАУ (здесь и далее — в пересчете на кг массы тела в сутки) с пищевыми продуктами при медиане контаминации и потребления составило для бенз(а)антрацена 1,903 нг, бенз(б)флуорантена — 0,760 нг, хризена — 2,917 нг, бенз(а)пирена — 0,211 нг, 4ПАУ — 5,405 нг, смеси ПАУ в пересчете на ТЭ-БП — 0,575 нг, МЭ-БП — 0,658 нг. В соответствии со второй моделью алиментарная нагрузка бенз(а)антраценом с рационом достигла 1,983 нг, бенз(б)флуорантеном — 0,798 нг, хризеном — 3,009 нг, бенз(а)пиреном — 0,221 нг, 4ПАУ — 5,651 нг, смесью ПАУ на основе ТЭ-БП — 0,602 нг, МЭ-БП — 0,691 нг, а наибольший вклад внесли копченые мясные и рыбные продукты, в которых ПАУ образуются на конечных этапах технологического процесса, а также масложировая, молочная продукция и хлебобулочные изделия. Значения алиментарной экспозиции при высоких уровнях потребления пищевых продуктов и/или контаминации варьировали от 0,629 нг для бенз(а)пирена до 33,432 нг для 4ПАУ. В случае аггравированных моделей с рационом поступало 37,783 нг бенз(а)антрацена, 27,523 нг бенз(б)флуорантена, 62,174 нг хризена, 9,313 нг бенз(а)пирена, 128,344 нг 4ПАУ, 15,723 нг смеси ПАУ на основе ТЭ-БП, 19,333 нг МЭ-БП.

Результаты расчета ингаляционной экспозиции вышеназванными веществами свидетельствуют, что поступление ПАУ с атмосферным воздухом для аценафтена составляло 628,6 нг, нафталина, 2-метилнафталина, антрацена, пирена, бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена, дибензо(а, h)антрацена, индено(1,2,3-сд)пирена, фенантрена — 457,1 нг, бенз(а)пирена — 942,6 нг, смеси ПАУ на основе ТЭ-БП — 2525,7 нг, МЭ-БП — 534,3 нг.

Поступление ПАУ с питьевой водой достигало для бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена, бенз(а)пирена, индено(1,2,3-сд)пирена, бенз(г, h, i)перилена 0,140 нг, смеси ПАУ на основе ТЭ-БП — 0,180 нг, МЭ-БП — 0,270 нг.

При различных моделях, в том числе аггравированных, значения комплексного поступления ПАУ в пересчете на ТЭ-БП варьируют от 2526,455 до 2541,603 нг, МЭ-БП — от 535,228 до 553,903 нг, а наибольший вклад внес аценафтен, содержащийся в атмосферном воздухе.

Риск здоровью взрослого населения, ассоциированный с ПАУ, оценен на основе расчета индивидуального (далее — CR), суммарного (далее — TCR) и популяционного рисков (далее — PCR).

Согласно реалистичному сценарию CR при поступлении бенз(а)пирена с пищевой продукцией составил  $1,54E-06$ , бенз(а)антрацена —  $1,39E-06$ , бенз(б)флуорантена —  $5,55E-07$ , хризена —  $2,13E-08$ , что позволяет оценить риск как приемлемый (минимальный). Максимальные значения указанного показателя были получены для бенз(а)пирена ( $1,58E-05$ ) при потреблении пищевых продуктов с высокими уровнями контаминации и при аггравированных условиях поступления с рационами бенз(а)антрацена ( $2,76E-05$ ), бенз(б)флуорантена ( $2,01E-05$ ) и бенз(а)пирена ( $6,80E-05$ ). Данные риски оцениваются как низкие. При иных сценариях CR для бенз(а)антрацена, бенз(б)флуорантена, хризена, бенз(а)пирена, 4ПАУ являлся приемлемым. Значения TCR, составляющие для 4ПАУ по первому сценарию  $3,50E-06$ , второму —  $3,67E-06$ , характеризуют его как минимальный, в соответствии с третьим ( $1,18E-05$ ) и четвертым ( $2,71E-05$ ) являются низкими, а при пятом ( $1,16E-04$ ) — средними. PCR в случае медианных уровней контаминации и потребления составил для бенз(а)пирена 11 дополнительных к фоновым случаям заболеваний, бенз(а)антрацена — 10, бенз(б)флуорантена — 4, 4ПАУ — 24. Стоит отметить, что PCR для ХР согласно всем сценариям минимальный и при пятом равен 3. При аггравированных условиях значения PCR достигали для бенз(а)пирена — 463, бенз(а)антрацена — 188, бенз(б)флуорантена — 137, 4ПАУ — 791, а при иных — варьировали от 10 для бенз(а)пирена до 185 для 4ПАУ.

Значения CR, обусловленного смесью обсуждаемых веществ, в случае медианных уровней контаминации и потребления характеризуют риск как приемлемый (минимальный). По третьей и четвертой моделям CR оценивался как допустимый (низкий), а при высоких уровнях контаминации и потребления являлся средним. PCR при реалистичной модели составили для ПАУ в пересчете на ТЭ-БП 29 дополнительных к фоновым случаям заболеваний, на МЭ-БП — 34, а согласно пятой — увеличивались на 97 % по сравнению с наиболее реалистичной. При иных условиях поступления изучаемых веществ с рационом PCR достигали для смеси ПАУ с учетом ТЭ-БП 183, МЭ-БП — 231.

CR, ассоциированные с загрязнением ПАУ атмосферного воздуха, составляющие для нафталина  $5,49E-05$ , антрацена, бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена, дибензо(а,һ)антрацена, индено(1,2,3-сd)пирена —  $6,26E-06$ , фенантрена —  $6,26E-08$  являются приемлемыми (минимальными), а для бенз(а)пирена ( $1,29E-04$ ), смеси ПАУ на основе ТЭ-БП ( $3,46E-04$ ), МЭ-БП ( $7,32E-05$ ) — допустимыми (низкими). PCR для изученных веществ и их смеси варьировали от 43 дополнительных к фоновым случаям заболеваний до 2360.

CR, связанные с ПАУ в питьевой воде, достигающие для бенз(б)флуорантена, бенз(к)флуорантена  $1,68E-07$ , бенз(а)пирена —  $1,82E-07$ , индено(1,2,3-сd)пирена —  $1,02E-07$ , бенз(ɡ,һ,і)перилена —  $3,22E-09$ , смеси ПАУ в пересчете на ТЭ-БП —  $2,34E-07$ , МЭ-БП —  $3,51E-07$ , характеризуют риск как приемлемый (минимальный). PCR составили для указанных соединений от минимальных значений до 2 дополнительных к фоновым случаям заболеваний.

CR, ассоциированные с суммарным поступлением смеси ПАУ на основе ТЭ-БП, варьировали от  $2,53E-03$  до  $2,54E-03$ , МЭ-БП — от  $5,35E-04$  до  $5,54E-04$  и являлись средними. PCR достигали для смеси ПАУ в пересчете на ТЭ-БП — 2370 дополнительных к фоновым случаям заболеваний, МЭ-БП — 517.

Таким образом, превышения гигиенических нормативов во всех исследованных образцах пищевой продукции, питьевой воды и атмосферного воздуха не установлено. При различных моделях, в том числе аггравированных, уровень риска здоровью, ассоциированный с ПАУ в пищевой продукции, атмосферном воздухе, питьевой воде, варьирует от минимального до среднего. Применение комплексной оценки поступления ПАУ с питьевой водой, атмосферным воздухом и пищевой продукцией позволит обосновывать систему мер, направленных на снижение уровней контаминации ПАУ отдельных объектов среды обитания и минимизацию риска воздействия данных контаминантов на организм человека.

## Литература

1. Multi-pathway assessment of human health risk posed by polycyclic aromatic hydrocarbons / C. Qu [et al.] // *Environmental Geochemistry and Health*. — 2015. — Vol. 37, № 3. — P. 118–129.
2. Ali, N. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor air and dust samples of different Saudi microenvironments; health and carcinogenic risk assessment for the general population / N. Ali // *Science of the Total Environment*. — 2019. — Vol. 696. — P. 133995.
3. Актуальные вопросы государственного санитарно-эпидемиологического нормирования в Республике Беларусь / Е.В. Федоренко [и др.] // *Анализ риска здоровью — 2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE-2021: материалы XI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием:*

в 2 т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. — С. 13–18.

4. Оценка экспозиции полиароматическими углеводородами при множественных путях поступления / Н.А. Долгина [и др.] // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию санитарно-эпидемиологической службы Республики Беларусь (Минск, 30 сентября — 1 октября 2021 г.) / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — С. 114–116.

5. Комплексная оценка экспозиции приоритетными полиароматическими углеводородами с учетом ингаляционного и алиментарного поступления / Н.А. Долгина [и др.] // Вестн. Белорус. респ. фонда фундаментальных исследований. — 2020. — № 2. — С. 67–75.

Поступила 09.09.2022

## **К ВОПРОСУ О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К ГИГИЕНИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ С УЧЕТОМ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ПУТЕЙ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОРГАНИЗМ**

*Дроздова Е.В., к.м.н., доцент, drozdovaev@mail.ru,  
Просвирякова И.А., к.м.н., risk.factors@rspch.by,  
Пшегрода А.Е., risk.factors@rspch.by,  
Фираго А.В., 1509\_83@mail.ru,  
Суровец Т.З., volk\_tz@mail.ru,  
Долгина Н.А., dlginan@rambler.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Состояние среды обитания остается одной из наиболее существенных составляющих в формировании здоровья населения, определяя на глобальном уровне до 22% заболеваний (ВОЗ, 2019). Пандемия COVID-19 за 2020–2021 гг. подтвердила значимость равного доступа к организованным с соблюдением требований безопасности водоснабжению и водоотведению (далее — ВСГ), достижению которого с 2016 г. посвящены отдельные Цели устойчивого развития (далее — ЦУР) (индикаторы ЦУР 6.1, 6.2). Отсутствие доступа к безопасным ВСГ определяет риски здоровью инфекционной и неинфекционной природы, включая в связи с изменением климата актуализацию эмерджентных возбудителей и химических опасностей, минимизации таких рисков посвящен индикатор ЦУР 3.9.2. Снабжение населения качественной и безопасной питьевой водой, выявление факторов риска для здоровья населения, ассоциированного с качеством питьевой воды, является одним из более значительных и действенных инструментов профилактики инфекционной (неинфекционной) заболеваемости и укрепления здоровья населения.

Для нашей страны характерны типичные проблемы с качеством питьевой воды по химическим и физико-химическим показателям, присущие водоснабжению из подземных источников (повышенные концентрации веществ природного происхождения — железо, марганец, жесткость, минерализация, барий, бор, мутность, цветность, а при эксплуатации неглубоко залегающих горизонтов — присутствие азотистых соединений) или поверхностных источников с применением распространенных методов водоподготовки (остаточные количества побочных продуктов дезинфекции, реагентов, применяемых для фильтрации) (Государственный доклад «О санитарно-эпидемиологическом благополучии Республики Беларусь за 2021 год», Краткий доклад Республики Беларусь в соответствии со статьей 7 Протокола по проблемам воды и здоровья за 2019–2021 гг., утвержден Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 19 апреля 2022 г.). При этом в связи с появлением новых данных о токсичности и опасности химических веществ, более чувствительных методов детекции веществ в средах, свидетельств одновременного поступления веществ из различных сред актуализируется вопрос о целесообразности пересмотра гигиенических нормативов [1].

Классическая методология гигиенического нормирования химических веществ в объектах среды обитания и пищевых продуктах основана на расчете предельно допустимых концентраций исходя из показателя переносимого суточного поступления [2]. При этом нормирование химических веществ в питьевой воде осуществляется из учета поступления вещества из питьевой воды только перораль-

ным путем при потреблении водопроводной воды согласно стандартным факторам экспозиции, не учитывается множественность путей поступления химических веществ из питьевой воды в организм человека. В то же время данные современных научных исследований свидетельствуют о преимущественном вкладе в формирование риска здоровью ингаляционного и кожного путей поступления в организм отдельных групп химических веществ при использовании воды для питьевых и хозяйственно-бытовых целей, причем ряд летучих органических веществ — побочных продуктов дезинфекции обладают отдаленными эффектами воздействия [3–4].

Одним из направлений совершенствования нормирования является применение методологии оценки рисков здоровью (С. М. Новиков, Ю. А. Рахманин, Н. Н. Филатов, Т. А. Шашина, Н. С. Скворцова, 2003; Н. В. Зайцева, И. В. Май, П. З. Шур, 2015–2021; ВОЗ, 2017), которая позволяет не только повысить надежность гигиенических нормативов за счет установления более релевантных опорных точек, биомаркеров, но и обосновать нормативы с учетом комплексного поступления вещества из различных сред или из одной среды различными путями, которые могут применяться как на национальном, так и региональном уровне.

С целью развития данных методических приемов нами в рамках НИР выполнения задания 01.01 «Разработать метод гигиенической оценки летучих химических веществ в питьевой воде» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., были проведены исследования по изучению рисков здоровью, связанных с множественными путями поступления побочных продуктов дезинфекции — тригалометанов в организм, а также апробированы подходы к гигиеническому нормированию по критериям риска здоровью.

Разработан метод интегральной оценки рисков здоровью, ассоциированных с водопользованием, формализованный в инструкции по применению № 031–1221 «Метод гигиенического нормирования химических веществ в питьевой воде по критериям риска здоровью», утвержденной Заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11 мая 2022 г. (далее — Инструкция). Инструкция впервые устанавливает порядок проведения гигиенического нормирования химических веществ в питьевой воде по критериям риска здоровью с учетом множественных путей поступления в организм. Содержит порядок и основные аспекты практического применения обоснования гигиенических нормативов химических веществ в питьевой воде по критериям риска для здоровья (risk-based нормативы) (далее — РГН) с учетом удельного вклада различных сред в суммарное поступление химического вещества. Разработка основывается на результатах научных исследований с учетом наилучших современных международных и зарубежных методических подходов в области анализа рисков здоровью в связи с водопользованием, в том числе Российской Федерации, ВОЗ.

Основное внимание на этапе идентификации опасности уделяется анализу имеющихся сведений о физико-химических, биологических и иных характеристиках исследуемого фактора, источниках его появления и фактических уровнях в среде обитания. Обязательным аспектом является возможно широкое изучение наличия в мировой практике соответствующих нормативов (гигиенических нормативов, стандартов, РГН), определение вероятных эффектов воздействия с акцентом на биологические эффекты, которые использовались для обоснования нормативов (критические органы и системы), уточнение, использовались ли при этом критерии риска здоровью. На данном этапе идентифицируют наиболее чувствительные контингенты населения, которые могут различаться в зависимости от социально-экономической ситуации, уклада жизни, поведенческих характеристик, национальных особенностей. Для данных контингентов целесообразно установление возможных нарушений здоровья населения в соответствии с принципиальными сценариями воздействия.

Приоритетами для гигиенического нормирования фактора по критериям риска здоровью РГН являются: высокая степень опасности для здоровья человека по результатам ранжирования факторов риска; наличие в международных и национальных перечнях приоритетных загрязнителей; широкая распространенность в объектах среды обитания; вероятность многосредового поступления и реализации множественных путей поступления из одной среды; различия в значениях стандартов, используемых в Республике Беларусь и за рубежом.

Если в мировой практике существуют гигиенические РГН, при установлении которых учитывались условия, аналогичные особенностям Республики Беларусь (факторы экспозиции, особенности контингентов риска и т. д.) и базирующиеся на адекватном научном обосновании, результатом реализации этапа может быть предложение о целесообразности принятия существующего стандарта в качестве гармонизированного национального гигиенического норматива.

С целью проведения оценки экспозиции для целей обоснования РГН производится разработка ряда детальных сценариев воздействия: максимально возможная экспозиция, стандартная экспозиция (используют стандартные факторы экспозиции — потребление воды, водопользование и т. д.);

реальная экспозиция (применяются установленные в исследованиях параметры экспозиции). В сценариях, предусматривающих стандартный и фактический уровень экспозиции, целесообразно рассматривать особенности воздействия для наиболее чувствительных групп населения (например, детей, беременных и кормящих женщин, лиц пожилого возраста, длительно и часто болеющих людей и т.д.). Приоритет отдается методам, направленным на исследование биомаркеров экспозиции.

На этапе «характеристика опасности» устанавливаются в токсикологических и эпидемиологических исследованиях недействующие и/или пороговые уровни экспозиции для факторов с установленным пороговым типом воздействия (NOAEL, LOAEL, BMD, BMC). Важной составляющей этапа является анализ и разработка математических моделей, количественно описывающих зависимости «доза — ответ» (при необходимости).

Характеристика риска производится поэтапно для сценариев, рассмотренных на этапе оценки экспозиции с применением параметров и моделей «доза — ответ», выбранных на этапе характеристики опасности. Если максимально возможный уровень экспозиции не превышает приемлемый уровень риска для здоровья, остальные сценарии могут не рассматриваться.

В результате выполнения этапа устанавливается концентрация химического вещества в питьевой воде, соответствующая максимальной величине экспозиции, которая обеспечивает приемлемый уровень риска для здоровья («приемлемый (минимальный) уровень риска» (англ. — tolerable) используется для обозначения такой концентрации конкретного вредного химического вещества в данном объекте среды обитания человека (питьевой воде), воздействие которой с учетом особенностей распределения общей региональной химической нагрузки обеспечивает надлежащий уровень санитарной защиты, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья наиболее чувствительных групп населения и не требует проведения дополнительных мероприятий по снижению риска). Эта величина и рассматривается в качестве РГН.

В ходе характеристики риска для обоснования РГН значимыми являются тяжесть негативных эффектов; оценка неопределенности пороговых (реперных) уровней и установление модифицирующих факторов; определение значений уровней приемлемого уровня риска здоровью (для конкретного исследования). Чтобы гигиенический норматив гарантированно обеспечивал не превышение приемлемого уровня риска, применяют коэффициенты запаса / модифицирующие факторы, которые устанавливаются на основании анализа неопределенностей оценки риска (учитывают объем исследований, виды животных в токсикологических анализах, дизайн эпидемиологических исследований, ряд токсикологических показателей). При использовании результатов эпидемиологического исследования, проведенного для наиболее чувствительных групп населения, коэффициент запаса / модифицирующий фактор может быть равным 1.

На этапе характеристики риска при установлении РГН определяют значение приемлемого уровня риска, который обосновывается согласно целям и задачам конкретного исследования с учетом совокупности факторов, в том числе приоритетных факторов риска, распределения общей региональной химической нагрузки и прочих релевантных условий. Согласно рекомендациям международных организаций, величина пожизненного приемлемого (минимального) уровня риска (70 лет) для химических канцерогенов в питьевой воде составляет от  $1 \times 10^{-5}$ , а для доказанных канцерогенов для человека — на уровне от  $1 \times 10^{-6}$ .

Для неканцерогенных рисков приемлемым считается значение коэффициента опасности  $HQ \leq 1,0$ . Величина суммарного приемлемого неканцерогенного риска для условий комплексного поступления химических веществ либо группы родственных химических веществ, включая множественные пути поступления, и их комбинированных воздействий характеризуется значением индекса опасности HI. В качестве приемлемого уровня риска используется значение  $HI \leq 1,0$ .

Канцерогенный риск при комплексном поступлении химического вещества различными путями (перорально, ингаляционно, наочно), включая множественные пути поступления, и при комбинированном воздействии нескольких соединений рассматривается как аддитивный.

При определении приемлемого поступления (экспозиции) основная задача состоит в определении суммарной дозы вещества и ее составляющих (с учетом путей поступления), при которой не будет превышено значение приемлемого уровня риска. При установлении приемлемого уровня поступления химического вещества одновременно учитываются как канцерогенные, так и общетоксические эффекты действия конкретного химического вещества и в качестве итоговой выбирается наименьшая (лимитирующая) величина.

Для химических веществ, присутствующих в питьевой воде вследствие природных особенностей формирования водоносных горизонтов и органами-мишенями для биологического действия которых являются органы и системы, патология которых наиболее распространена в популяции (например, заболевания системы кровообращения, выделительной системы и т.д.), на этапе харак-

теристики опасности для подтверждения надежности оценок в отношении чувствительных групп населения могут использоваться экспериментальные модели патологии (для установления недействующих / пороговых уровней экспозиции для веществ с установленным пороговым типом воздействия) [5].

Апробация разработанного метода проводилась на основании моделей ситуаций и результатов лабораторного контроля центров гигиены и эпидемиологии, территориальных подразделений организаций водоканала, обеспечивающих водоподготовку и подачу питьевой воды населению, по двум моделям ситуаций.

*Модель 1.* В результате проведения исследований установлено: концентрация летучего органического соединения А в воде составляет 0,31 мг/л, при этом ингаляционное поступление (LADDi) — 0,0564 мг/(кг × сут) (концентрация вещества в воздухе, при использовании из водопроводной воды — 0,0588 мг/м<sup>3</sup>), кожное поступление (DAD) — 0,00217 мг/(кг × сут). Фактор канцерогенного потенциала для каждого из рассматриваемых путей поступления: SFo = 0,0061 мг/(кг × сут)<sup>-1</sup>, SFi = 0,00008 мг/(кг × сут)<sup>-1</sup>, SFd = 0,00061 мг/(кг × сут)<sup>-1</sup>. Установить безопасную (нормативную) концентрацию вещества А при пероральном пути поступления, с учетом ингаляционной и кожной экспозиции, обеспечивающую приемлемый уровень индивидуального канцерогенного риска (1E-05).

Результаты расчетов:

– расчет величины индивидуального канцерогенного риска воздействия вещества А при множественности путей поступления в организм: CRw = 1E-05 (согласно п. 11.1 Инструкции величина пожизненно приемлемого (минимального) уровня риска (70 лет) для химических канцерогенов в питьевой воде составляет 1E-05);

– расчет индивидуального канцерогенного риска проводим с использованием данных о величине среднесуточной потенциальной дозы и значения фактора канцерогенного потенциала для каждого из путей поступления: CRi = 0,0564 × 0,00008 = 4,5E-06, CRd = 0,0027 × 0,00061 = 1,6E-06, CRo = LADD × 0,0061. При этом CRw = 1E-05 = CRo + CRi + CRd, CRo = 3,9E-06;

– установление величины среднесуточной потенциальной дозы при пероральном пути поступления вещества А: по формуле LADD = (C × IR × ED × EF) / (BW × AT × 365). LADD при пероральном пути поступления вещества А составила 6,39E-04 мг/(кг × сут);

– установление безопасной (нормативной) концентрации вещества А при пероральном пути поступления C = 6,39E-04 × (70 × 70 × 365) / 2 × 70 × 350 = 2,33E-02 мг/л.

Таким образом, безопасная (нормативная) концентрация вещества А при пероральном пути поступления составляет 2,33E-02 мг/л, с учетом ингаляционной и кожной экспозиции, обеспечивающая приемлемый уровень индивидуального канцерогенного риска (1E-05).

*Модель 2.* В результате проведения исследований установлено, что ингаляционное поступление летучего органического соединения В (LADDi) составляет 0,0564 мг/(кг × сут), кожное поступление (DAD) — 0,00217 мг/(кг × сут). Референтные (безопасные) дозы перорального (RfDo), ингаляционного (RfDi) и кожного поступления (RfDd) равны 0,01 мг/(кг × сут), 0,28 мг/(кг × сут) и 0,01 мг/(кг × сут) соответственно. Требовалось установить безопасную (нормативную) концентрацию вещества В при пероральном пути поступления, с учетом ингаляционной и кожной экспозиции, обеспечивающую нормативное значение индекса опасности (1).

Результаты расчета безопасной (нормативной) концентрации вещества В при пероральном пути поступления:

– величина индекса опасности воздействия химического вещества, загрязняющего питьевую воду, при множественности путей поступления в организм: HIw = 1 = HQo + HQi + HQd = 1 (HI воздействия химического неканцерогенного вещества составляет 1 по п. 14 Инструкции);

– расчет индекса опасности проводится с учетом критических органов/систем, поражаемых исследуемыми веществами, по формуле: HQ = AD / RfD, HQi = 0,0564 / 0,28 = 0,201, HQd = 0,00217 / 0,01 = 0,217, HQo = LADD / 0,01; HIw = HQo + HQi + HQd, LADD / 0,01 + HQi + HQd = 1, LADD = (1 - (0,201 + 0,217)) × 0,01 = 5,82E-03 мг/(кг × сут);

– установление величины среднесуточной потенциальной дозы при пероральном пути поступления вещества В по формуле: LADD = (C × IR × ED × EF) / (BW × AT × 365); LADD = (C × 2 × 70 × 350) / (70 × 70 × 365) = 5,82E-03.

Величина средней суточной потенциальной дозы при пероральном пути поступления вещества В составляет 5,82E-03 мг/(кг × сут). C = LADD × (70 × 70 × 365) / 2 × 70 × 350, C = 5,82E-03 × (70 × 70 × 365) / 2 × 70 × 350, C = 2,12E-01 мг/л.

Безопасная (нормативная) концентрация вещества В при пероральном пути поступления составляет  $2,12E-01$  мг/л, с учетом ингаляционной и кожной экспозиции, обеспечивающая нормативное значение индекса опасности (1).

Таким образом, положения инструкции по применению могут использоваться для установления для химических веществ в питьевой воде РГН с учетом множественных путей поступления в организм и региональных особенностей экспозиции; обоснования приоритетных мероприятий, направленных на устранение (снижение уровня) риска для здоровья населения, достижения целевого уровня риска; обоснования необходимости гармонизации гигиенических нормативов химических веществ в питьевой воде с наилучшими международными рекомендациями; изучения региональных особенностей формирования общей химической нагрузки на население, установления перспективных значений риска. Кроме того, подходы также могут быть применены для обоснования гигиенических нормативов по критериям риска здоровью: химических веществ в питьевой воде с учетом удельного вклада различных сред в суммарное поступление химического вещества; химических веществ в иных объектах среды обитания человека.

## Литература

1. Совершенствование санитарно-гигиенического нормирования размещения источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, заключений санэпидслужбы о качестве среды обитания, проблемы оценки содержания в воде бора и бария, измерений температуры воды из квартирных водоразборов / водоразборов / С.Г. Позин [и др.] // Воен. медицина. — 2012. — № 2. — С. 93–97.

2. Дроздова, Е.В. Сравнительный анализ национальных показателей безопасности питьевой воды с международными, региональными и национальными стандартами развитых стран / Е.В. Дроздова // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2018. — Вып. 28. — С. 5–20.

3. К вопросу об образовании побочных продуктов дезинфекции питьевой воды (регулируемых и эмерджентных), их генотоксических и канцерогенных свойствах: обзор проблемы и направления дальнейших исследований / Е.В. Дроздова [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2016. — Вып. 26. — С. 12–16.

4. Подходы к оценке значимости множественных путей экспозиции при гигиенической регламентации химических веществ в питьевой воде / Е.В. Дроздова [и др.] // Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Пермь, 16–18 мая 2018 г. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. — С. 50–54.

5. Экспериментальные модели хронической патологии животных для оценки рисков здоровью чувствительных групп населения / Е.В. Дроздова [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2022. — № 2. — С. 185–195.

Поступила 14.09.2022

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ

*Дроздова Е.В., к.м.н., доцент, drozdovaev@mail.ru,  
Суровец Т.З., volk\_tz@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Современные тенденции в нормативно-правовой базе (Декрет № 7 от 23 ноября 2017 г. «О развитии предпринимательства», изменения в Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», переговорные процессы на площадках интеграционных образований) требуют совершенствования подходов гигиенической регламентации безопасности жизнедеятельности человека по пути более широкого внедрения методологии оценки рисков здоровью, поиска новых инструментов для интегральных оценок. В Республике Беларусь наиболее проработан

вопрос о проведении оценки рисков здоровью, связанных с химическим фактором в питьевой воде [1], методические подходы к интегральной оценке качества воды и интегральной оценки рисков здоровью по комплексу показателей (органолептические, химические, биологические) отсутствовали. Вторым аспектом, определяющим актуальность разработки интегральных показателей, — работа в области достижения Целей в области устойчивого развития (далее — ЦУР) из перечня закрепленных за Министерством здравоохранения Республики Беларусь показателей, предполагающих оценку неблагоприятного воздействия среды обитания (в данном случае — питьевой воды) на здоровье [2, 3]. На национальном уровне выработана позиция, что для оценки динамики ситуации качества воды с преломлением на здоровье предлагаемый ООН и ВОЗ показатель ЦУР 3.9.2 (смертность (заболеваемость) от отсутствия безопасной воды, безопасной санитарии и гигиены) не отражает специфические для страны аспекты. Для оценки ситуации, динамики целесообразно применение так называемых прокси-показателей (альтернативных). Целесообразно для данных целей применять именно интегральные показатели. Проведенный специалистами Центра анализ научной литературы, нормативно-методической базы других стран показал, что подходы к интегральной оценке качества воды и водно-ассоциированных рисков рассматривались российскими и зарубежными учеными (Horton R.K. (1965), Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. (2011), Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А. (2015, 2017), Akhtar N. (2021) и ряд других авторов [4, 5]). Однако предлагаемые подходы не являются универсальными и имеют ряд ограничений. Так, предлагаемые учеными стран дальнего зарубежья оценки применимы к водным объектам с позиций экологии, но не здоровья населения. Ни одна из методик не позволяет получить действительно интегральную оценку качества воды, так как в расчеты не включаются все виды показателей; не учитываются виды комбинированного влияния на качество воды, показателей ее состава и свойств как в пределах каждого из критериев вредности, так и при их обобщении; на заключительном этапе применяется простое суммирование величин, полученных в результате деления фактических измеренных концентраций веществ (далее — С) на их предельно допустимые концентрации (далее — ПДК) (или рисков) для всех включенных в расчеты показателей, без внимания к неэквивалентности этих величин по значимости для здоровья населения. Перечисленный круг нерешенных вопросов и допущений определил актуальность и составил цель и задачи настоящей работы.

В рамках выполнения задания 01.03 «Научно обосновать и внедрить метод интегральной оценки рисков здоровью, ассоциированных с водопользованием» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» был разработан метод интегральной оценки рисков здоровью, ассоциированных с водопользованием, формализованный в инструкции по применению № 031–1221 «Метод интегральной оценки рисков здоровью, ассоциированных с водопользованием», утвержденной Заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 10 июня 2022 г. (далее — Инструкция).

Разработка основывается на результатах научных исследований с учетом наилучших современных международных и зарубежных методических подходов в области анализа рисков здоровью в связи с водопользованием, в том числе разработки Российской Федерации [3–5], рекомендации Всемирной организации здравоохранения (4-е Руководство ВОЗ по обеспечению качества питьевой воды (2017), Руководство ВОЗ по укреплению надзора за качеством питьевой воды с использованием подходов на основе оценки рисков (2019)). Для упрощения практического использования в приложениях приведена необходимая систематизированная справочная информация. Подход, изложенный в Инструкции, может быть применен в дополнение к традиционной гигиенической оценке безопасности водопользования. Инструкция не предназначена для рутинного применения при осуществлении контрольной (надзорной) деятельности, возникновении аварийных (чрезвычайных) ситуаций на централизованных системах питьевого водоснабжения.

Метод, изложенный в настоящей Инструкции, предлагает набор методик, позволяющих провести оценку водопользования на территории населенного пункта на основании интегральных показателей в зависимости от цели исследования и наличия исходных данных: методика интегральной гигиенической оценки систем централизованного питьевого водоснабжения; методика интегральной оценки эпидемиологических рисков здоровью при водопользовании; методика расчета индекса качества воды; методика интегральной оценки питьевой воды по химическому составу на основе оценки рисков здоровью.

Интегральная гигиеническая оценка систем централизованного питьевого водоснабжения проводится на основании многоуровневой критериальной модели, описывающей безопасность водопользования (санитарную надежность систем) по 6 модулям (комплексам показателей): водообе-

спечение, санитарное состояние источников водоснабжения, водоподготовка, транспортирование питьевой воды (распределительная сеть), качество питьевой воды и лабораторный контроль. При этом каждый модуль состоит из критериальных признаков, отражающих санитарно-эпидемиологическое состояние конкретного этапа системы водоснабжения: блок «водообеспечение» характеризует возможности централизованной системы водоснабжения для удовлетворения в количественном отношении потребности населения в питьевой воде (охват населения централизованной системой водоснабжения, показатель превышения фактической мощности водопроводной станции относительно проектной и частота перебоев в подаче питьевой воды потребителю), блок «источник водоснабжения» характеризует санитарно-эпидемиологическое состояние источника водоснабжения и формирующие его факторы (эффективность, надежность охраны источника и показатели безопасности воды), блок «водоподготовка» характеризует эффективность работы водопроводных очистных сооружений. Блок «распределительная сеть» включает такие показатели, как количество аварий; увеличение процента проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, в распределительной сети по сравнению с регистрируемыми их уровнями на выходе с водопроводных очистных сооружений, с учетом лимитирующих признаков вредности показателей качества питьевой воды; блок «лабораторный контроль» оценивает эффективность контроля качества воды, в то время как блок «питьевая вода» интегрирует и отражает состояние санитарно-эпидемиологической надежности по всем предыдущим блокам — описывает качество воды, подаваемой непосредственно потребителю, по основным группам показателей. В ходе оценок ранжирование критериальных признаков каждого блока по степени санитарно-эпидемиологической надежности или санитарно-эпидемиологического неблагополучия осуществляется по 4-ранговым оценочным классификационным шкалам. Далее проводится расчет комплексных показателей по отдельным блокам с учетом коэффициента вклада единичного критерия в комплексный показатель неблагополучия. Коэффициенты вклада обоснованы методом экспертных оценок на основании степени потенциального влияния на здоровье населения и условия водопользования. Комплексный показатель неблагополучия конкретного блока является суммой произведений балла каждого критериального признака на соответствующий ему коэффициент вклада. Следует отметить, что метод предлагает гибкий подход — набор критериальных признаков в блоках может быть изменен (расширен или сужен) в зависимости от региональных особенностей и конкретных условий водоснабжения, при этом должен соблюдаться принцип учета вклада каждого из них (сумма должна быть равна единице). Далее рассчитывается обобщенный интегральный показатель санитарно-эпидемиологического неблагополучия питьевого водопользования (далее —  $W_{\text{int}}$ ) для конкретного населенного пункта, который является суммой произведений 8 комплексных показателей отдельных блоков на соответствующие им коэффициенты вклада. Оценка степени санитарно-эпидемиологического неблагополучия питьевого водопользования для населенного пункта проводится по оценочной 4-ранговой шкале в зависимости от значения  $W_{\text{int}}$ : «допустимая», «умеренная», «высокая», «крайне высокая».

Методика интегральной оценки эпидемиологических рисков позволяет оценить возможность реализации водного пути распространения кишечных инфекций бактериальной этиологии в зависимости от санитарно-гигиенических условий водопользования населения на административной территории (территории населенного пункта). Оценка проводится балльным методом по показателю «интегральный показатель эпидемиологической безопасности —  $I_E$ », учитывающему 3 блока данных: условия хозяйственно-питьевого водоснабжения (централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение —  $I_{E1}$ , источники централизованного —  $I_{E2}$  и нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения —  $I_{E3}$ ), условия культурно-бытового (рекреационного) водопользования —  $I_{E4}$ , а также коммунальное благоустройство населенных мест —  $I_{E5}$ . В зависимости от целей исследования оценка может быть проведена по полной схеме, а также по отдельным видам водопользования. В методе используются результаты лабораторных исследований воды, полученных в рамках производственного контроля и государственного санитарного надзора, а также данные о степени благоустройства территории. При этом частота и периодичность отбора проб воды должны соответствовать нормативным требованиям. На первом этапе проводят эпидемиологическую оценку санитарно-гигиенических условий водопользования по соответствующему набору показателей балльным методом отдельно по централизованному и нецентрализованному хозяйственно-питьевому водоснабжению, культурно-бытовому водопользованию и коммунальному благоустройству населенного места в соответствии с таблицами приложения 3 — на основании данных о нестандартных пробах воды по отдельным микробиологическим показателям безопасности на различных этапах системы. Значения каждого используемого в методике показателя и суммы баллов по блокам в таблицах ранжированы по рангам: I (наименьшее число условных баллов) — эпидемиологическая безопасность; II — средняя (повышенная) потенциальная эпидемиологическая опасность; III — высокая степень эпидемиологической опасности.

Условные баллы по каждой таблице суммируют и полученный результат оценивают согласно предложенной в таблице шкале. В случае, если данные по одному-двум показателям в таблице отсутствуют, оценку проводят после коррекции оценочной шкалы — уменьшают значение интервала баллов в каждом ранге (графе таблицы) на число баллов, установленное для отсутствующего показателя. На втором этапе рассчитывают интегральный показатель эпидемиологической безопасности ( $I_E$ ) для рассматриваемой территории по сумме баллов, полученных по 5 разделам в соответствии с оценочной шкалой к таблице. Оценочная шкала для показателя  $I_E$  по 3 рангам: «низкий (приемлемый)», «средний», «высокий». В дополнение к балльному подходу могут оцениваться риски на основе вероятностного подхода. При этом расчет значения риска может быть проведен по отдельным категориям или в рамках комплексной оценки. Полученные при использовании данной методики результаты могут использоваться для: обоснования вклада каждого конкретного показателя в интегральную оценку риска по рассматриваемому санитарно-гигиеническому фактору; выявления факторов, способствующих или препятствующих возникновению и распространению кишечных инфекций, связанных с водным путем передачи; комплексной оценки по обобщенному показателю микробного риска с учетом всех санитарно-гигиенических условий в населенном пункте; прогнозирования эпидемической ситуации на основании полученных обобщенных данных с учетом интегрального и обобщенного показателей риска; разработки мероприятий по устранению или снижению негативного влияния неблагоприятных факторов; определения приоритетности мероприятий по улучшению санитарно-гигиенических условий водопользования в конкретном населенном пункте в целях профилактики кишечных инфекций, обусловленных водным фактором передачи; оценки степени микробного риска возникновения острых кишечных инфекций и возможности реализации водного пути передачи инфекции.

Методика расчета индекса качества воды (далее — IQW) учитывает микробиологические, радиологические, санитарно-токсикологические (токсичные вещества и канцерогены), органолептические свойства воды, расчет проводится по формуле (1):

$$IQW = 5 I_1 + 4 I_2 + 4 I_3 + 3 I_4 + 2 I_5 + I_6, \quad (1)$$

где  $I_1$  — сумма С/ПДК канцерогенных веществ;

$I_2$  — сумма С/ПДК неканцерогенных веществ 1 и 2 классов опасности;

$I_3$  — наибольшее значение С/ПДК для веществ 3-го класса опасности с санитарно-токсикологическим лимитирующим показателем вредности;

$I_4$  — наибольшее значение С/ПДК для общих колиформных бактерий (далее — ОКБ) или общего микробного числа (далее — ОМЧ);

$I_5$  — сумма С/ПДК радиологических показателей ( $\alpha$ - и  $\beta$ -активность);

$I_6$  — сумма наибольших С/ПДК для каждого из видов влияния на органолептические свойства воды.

При отсутствии отдельных слагаемых (например, отсутствие в воде канцерогенных веществ, микробиологические показатели (ОКБ и ОМЧ) равны 0 в течение всего периода мониторинга качества воды) индекс качества воды рассчитывается только по имеющимся показателям.

Интегральная оценка питьевой воды по химическому составу проводится на основе оценки риска для здоровья населения, выполненной согласно методу, изложенному в инструкции по применению № 019–1221, с учетом следующих аспектов: приоритетным сценарием воздействия для питьевой воды является пероральное поступление (в случае использования воды в хозяйственно-бытовых, рекреационных, гигиенических и аналогичных целях сценарии должны учитывать кожно-резорбтивный и ингаляционный пути поступления веществ из воды, особое внимание летучим органическим соединениям), для веществ с разнонаправленным характером действия оцениваются все эффекты воздействия; при оценке экспозиции проводят расчет величин концентраций химических веществ в питьевой воде требуемых периодов осреднения в соответствии с дизайном исследования. Интегральный показатель безопасности питьевой воды по химическому составу ( $I_C$ ) рассчитывается как сумма значений отношений фактических значений основных видов риска к приемлемым значениям данных видов риска — потенциальный риск немедленного действия, канцерогенный и неканцерогенный риск.

Результаты интегральной оценки питьевой воды по химическому составу и индекса качества воды могут применяться для ранжирования водопроводных сооружений по показателям химической безвредности подаваемой воды, оценки эффективности водоподготовки в целом и отдельных этапов, оценки эффективности различных вариантов профилактических мероприятий. Однако данные методики имеют много ограничений. При выборе первоочередных мероприятий по улучшению

качества воды целесообразно проанализировать, какой критерий вносит наибольший вклад в формирование качества питьевой воды. При использовании данных методик для оценки постоянства и тенденций изменения качества питьевой воды во времени, эффективности работы очистных водопроводных сооружений, сравнения качества воды после очистных водопроводных сооружений и воды, поступающей к потребителю из разводящей водопроводной сети, а также качества воды разных водопроводных систем обязательным условием является идентичность перечней контролируемых в воде показателей. Для более наглядной оценки качества питьевой воды целесообразно проследить динамику по месяцам (сезонам) года и в течение нескольких лет как по максимальным, так и по средним значениям выбранных для контроля показателей.

Таким образом, применение метода будет способствовать повышению надежности оценок безопасности водопользования (в том числе питьевого), ассоциированного с рисками различной природы, информативности при формировании программы мониторинга, принятия долгосрочных решений о выборе технологии водоподготовки в сравнении с лучшими отечественными аналогами (СанПиН 10–124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества»). В целом он позволит обосновывать приоритетные мероприятия, направленные на устранение (снижение) уровня риска для здоровья населения, достижение целевого уровня риска, выбор наиболее эффективных технологий водоподготовки, требования при разработке нормативных правовых актов по обеспечению безопасности водопользования, а также обеспечить объективной информацией об установленных уровнях риска лиц, участвующих в принятии управленческих решений, население и иные заинтересованные организации.

В рамках достижения Целей в области устойчивого развития предложено использовать показатель интегральной оценки питьевой воды по химическому составу в качестве прокси-показателя для оценки динамики изменения ситуации. Для расчетов использовались данные о качестве питьевой воды из форм статистической отчетности, предложено учитывать набор из 8 приоритетных для республики веществ. Проведены испытания (апробация) при оценке динамики ЦУР 3.9.2 за 2019 г. как по республике в целом, так и в разрезе областного деления.

## Литература

1. Совершенствование санитарно-гигиенического нормирования размещения источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, заключений санэпидслужбы о качестве среды обитания, проблемы оценки содержания в воде бора и бария, измерений температуры воды из квартирных водоразборов / С.Г. Позин, В.В. Рызгунский, А.С. Долгин, А.Г. Гладкий, Е.В. Дроздова [и др.] // Воен. эпидемиология и гигиена. — 2012. — № 2. — С. 93–97.

2. Медико-экологические риски в контексте устойчивого развития / Дроздова Е.В. // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.), Г.Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: РИВШ, 2019. — Вып. 29. — С. 168–177.

3. Оценка бремени заболеваний и смертности, ассоциированных с качеством окружающей среды, как инструмент для обоснования управленческих решений по профилактике неинфекционных заболеваний / Дроздова Е.В. // Анализ риска здоровью — 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise — 2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 2 т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020. — Т. 1. — С. 21–29.

4. Красовский, Г.Н. Гигиеническое обоснование оптимизации интегральной оценки питьевой воды по индексу качества воды / Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, Н.А. Егорова // Гигиена и санитария. — 2015. — Т. 94, № 5. — С. 5–10.

5. Мельцер, А.В. Опыт реализации метода интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности в Санкт-Петербурге / А.В. Мельцер, Н.В. Ерастова, А.В. Киселев // Гигиена и санитария. — 2013. — Т. 92, № 5. — С. 31–34.

Поступила 14.09.2022

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ЗА СЧЕТ ПРИВЕДЕНИЯ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН К РЕГЛАМЕНТАМ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА Г. МИНСКА

Ермак С. Л.,  
Гетюк Г. В.,  
Цейтин И. И.,  
Крупская Д. А.,  
Урбан Ю. Е., *urban@minsksanepid.by*

Государственное учреждение «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

В целях модернизации промышленного комплекса г. Минска, снижения негативного влияния загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов стационарных источников, и создания благоприятной среды жизнедеятельности реализуются регламенты Генерального плана г. Минска, предусматривающие разработку и выполнение предприятиями мероприятий, направленных на снижение техногенного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. В г. Минске площадь санитарно-защитных зон без учета площади предприятий занимала около 14 % территорий. В границах санитарно-защитных зон промышленных и коммунальных предприятий находились жилые и ландшафтно-рекреационные городские территории, что исключало их дальнейшее развитие. Генеральным планом г. Минска была определена необходимость приведения санитарно-защитных зон (далее — СЗЗ) предприятий к требованиям регламентов посредством разработки и реализации мероприятий по реконструкции, модернизации, техническому перевооружению либо выносу предприятий за пределы городской черты.

Согласно информации Национального статистического комитета Республики Беларусь, объем выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников по городу Минску в 2009 г. составлял 49,4 тыс. т загрязняющих веществ.

По данным мониторинга качества атмосферного воздуха в 2009 г. Минским городским центром гигиены в зонах влияния промышленных предприятий было отобрано и исследовано 5118 проб. Лабораторный контроль осуществлялся более чем по 30 ингредиентам в зависимости от характера производственной деятельности субъекта хозяйствования. Удельный вес проб с превышениями предельно допустимых концентраций в зонах влияния промышленных предприятий составлял более 3,8 %. Суммарный показатель «Р» находился в верхних пределах допустимой степени загрязнения.

Скрининговые исследования по оценке риска, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий в зонах влияния промышленных предприятий, позволили установить потенциальные уровни риска, с которыми ежедневно сталкивалось население г. Минска. Показатели немедленного риска здоровью находились на удовлетворительном уровне в пределах от 2 % до 16 %, популяционный канцерогенный риск — в пределах Е-02–Е-05.

В соответствии с Генеральным планом г. Минска одним из приоритетных положений градостроительного развития города является Стратегия формирования благоприятной окружающей среды. С 2009 по 2021 г. в рамках реализации данной Стратегии промышленными предприятиями города был выполнен ряд природоохранных мероприятий:

- модернизация технологического процесса;
- внедрение малоотходных и безотходных технологических процессов;
- реализация мероприятий по повышению эффективности действующих газоочистных и пылеулавливающих установок;
- установка новых газоочистных и пылеулавливающих устройств;
- изменения вида сырья, топлива, применяемого в производстве, обеспечивающие снижение загрязнения атмосферного воздуха;
- комплекс профилактических и специальных технологических мероприятий: герметизация технологического оборудования и трубопроводов и содержание их в технологической исправности;
- внедрение системы рекуперации.

В настоящее время в г. Минске 141 предприятие завершило работу по установлению расчетных границ СЗЗ: получены положительные заключения санитарно-гигиенической экспертизы, реали-

зованы запроектированные природоохранные мероприятия, проведен ряд лабораторных исследований, подтверждающих проектируемые границы СЗЗ.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, объем выбросов в атмосферный воздух от стационарных источников по г. Минску с 2009 г. снизился на 31,1 тыс. т и составил в 2021 г. 18,3 тыс. т.

Минским городским центром гигиены и эпидемиологии в 2021 г. в зонах влияния промышленных предприятий отобрано и исследовано 10 579 проб, что более чем в 2 раза превышает количество проб 2009 г. Расширение сети исследований было вызвано необходимостью лабораторного подтверждения границ проектируемых санитарно-защитных зон. Согласно данным лабораторных исследований, в 2021 г. превышений установленных гигиенических нормативов в зонах влияния промышленных предприятий, в том числе на территории жилой застройки, не регистрировалось.

В целом с 2009 г. отмечается стабильное снижение доли проб с превышением гигиенических нормативов атмосферного воздуха, что отражает устойчивость положительной динамики. К примеру, можно отметить снижение уровня загрязнения воздуха оксидом углерода, бензолом, ксилолом, 1,3-бутадиеном, формальдегидом. Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха в г. Минске соответствует допустимой степени загрязнения атмосферы (низкая приоритетность действий, действующая система управления риском, дополнительных мер не требуется).

Развитая сеть постов мониторинга качества атмосферного воздуха, широкий перечень контролируемых загрязняющих химических веществ и высокая периодичность исследований позволяют выявлять особенности загрязнения воздуха в г. Минске, прогнозировать возможные неблагоприятные последствия для здоровья населения, а также определять необходимость принятия профилактических мер и разработки мероприятий по снижению неблагоприятного воздействия загрязнения атмосферного воздуха на окружающую среду и здоровье населения и информировать об уровнях риска здоровью населения.

В 2021 г. уровень потенциального немедленного риска здоровью населения от воздействия загрязняющих веществ характеризуется как приемлемый и составляет менее 2%. При приемлемом уровне риска практически исключается рост заболеваемости населения, связанный с воздействием оцениваемого фактора, а состояние дискомфорта может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей. Согласно результатам расчетов, популяционный канцерогенный риск находится на уровне E-0,03–E-0,05.

Методология оценки риска направлена на обоснование наилучших решений по устранению или минимизации, а также динамическому контролю (мониторингу) экспозиций и рисков, оценке эффективности и корректировке мероприятий при принятии управленческих решений.

В рамках проведенной работы установлено, что реализация регламентов Генерального плана позволяет обеспечивать устойчивое сокращение качественного и количественного состава выбросов загрязняющих веществ от промышленных предприятий, а следовательно, и снижение влияния на окружающие территории.

## Литература

1. Специфические санитарно-эпидемиологические требования к установлению санитарно-защитных зон объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду [Электронный ресурс]: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 11 дек. 2019 № 847. — Режим доступа: [http://rspch.by/Docs/sset\\_psm\\_rb\\_847.pdf](http://rspch.by/Docs/sset_psm_rb_847.pdf). — Дата доступа: 25.07.2020.
2. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ru/>. — Дата доступа: 25.07.2020.
3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/69b/69b0ad68c9c582f95666f240435a5976.pdf>. — Дата доступа: 03.05.2020.
4. ILO База данных ICSC [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p\\_lang=ru](http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=ru). — Дата доступа: 13.05.2022.

Поступила 21.09.2022

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

<sup>1, 2, 3</sup> Копытенкова О. И., д.м.н., профессор, 5726164@mail.ru,

<sup>2</sup> Рябец В. В., 4578715@mail.ru

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия

Одной из наиболее сложных задач в области обеспечения комфортности и безопасности окружающей среды городских поселений является их комплексная оценка.

В настоящее время отсутствует обоснование отдельных показателей и их групп, подлежащих оценке и совместному анализу в процессе разработки управленческих решений, направленных на обеспечение комфортных условий проживания на территориях городских поселений.

Цель исследования — обоснование показателей для гигиенической характеристики комфортности городской среды.

Для обоснования перечня показателей, используемых при комплексной оценке комфортности среды, проведен анализ существующей в настоящее время нормативной документации, применяемой в данной области. Установлено, что вопросы комфортности среды обитания длительный период находятся в зоне внимания научных исследований. Вместе с тем до настоящего времени нет единого трактования термина «комфортность среды обитания».

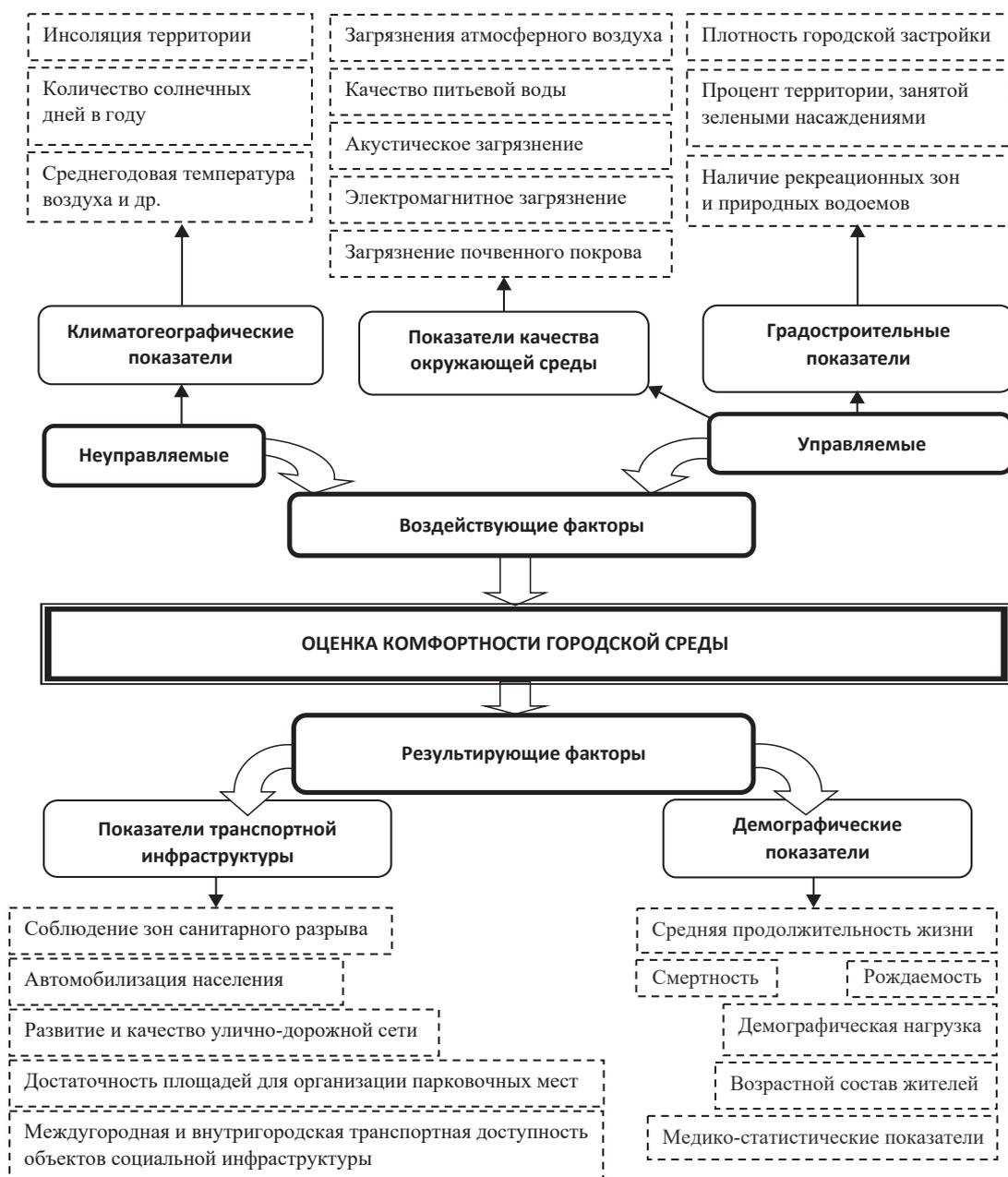
В настоящее время комфортность среды городских поселений рассматривается как один из критериев показателя «Качество городской среды». Однако для обоснования приоритетности управленческих решений, направленных на улучшение условий проживания и обеспечение их безопасности, необходимо использовать количественные показатели, учитывающие не только отдельные факторы среды, но и их комплексное и сочетанное действие.

С 2017 г. в Российской Федерации начал реализовываться широкомасштабный проект «Формирование комфортной городской среды» (приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18 марта 2019 г. № 162/пр.). Основные задачи данного проекта — устранить негативные тенденции в благоустройстве городских территорий, выстроить взаимодействие административных структур и населения, сформировать доверие к органам власти. Для реализации проекта «Формирование комфортной городской среды» в РФ был разработан проект «Индекс качества городской среды».

С точки зрения научного определения, под городской средой понимается сочетание определенных условий в границах конкретного населенного пункта, созданных природой и человеком и оказывающих влияние на жизнедеятельность и качество здоровья его жителей. Структура пространства, как правило, обусловлена потребностями населения. Основными являются: безопасность, физиологические параметры (воздух, шум, свет) и социальные (коммуникативные). Таким образом, городская среда — это ряд ключевых компонентов: ресурсы (земля, вода, воздух, климат); объекты недвижимости; инфраструктура; разнообразие ландшафта; криминогенная обстановка; потребительский рынок; социальные услуги. Баланс этих компонентов определяет степень востребованности и конкурентоспособности населенного пункта.

Более 20 нормативно-правовых актов России включают требования для обеспечения безопасности и охраны окружающей среды. В законодательных и нормативно-правовых актах отсутствует единообразие в трактовке терминов и определений, отсутствует дифференцированный подход и анализ ситуации различных климатогеографических территорий, а также в условиях различного сочетания факторов окружающей среды, негативно влияющих на показатели здоровья населения.

На данном этапе исследования нами разработана схема для гигиенической оценки комфортности среды городских поселений, представленная на рисунке 1. Выделены группы факторов, которые воздействуют на качество и, как следствие, комфортность среды обитания, и группы показателей, являющиеся следствием воздействия на среду обитания. Кроме того, группы воздействующих факторов разделены на «управляемые» — которые можно регулировать с помощью управленческих решений, внедряемых в практику, и «неуправляемые» — не поддающиеся управлению.



**Рисунок 1 – Показатели для оценки комфортности городской среды**

Полученные результаты свидетельствуют, что понятие «комфортность городской среды» шире, чем понятие «санитарно-эпидемиологическое благополучие». При этом понятие «комфортность городской среды» обозначает ее качество и может использоваться как объективные показатели, так и субъективную оценку. Понятие «санитарно-эпидемиологическое благополучие» используется для определения безопасности окружающей среды и условий проживания. Для оценки «санитарно-эпидемиологического благополучия» могут применяться только объективные количественные показатели, основанные на сравнении с гигиеническими нормативами. Следовательно, для объективной оценки комфортности, гигиенической безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия территорий должны быть разработаны показатели и количественные критерии их оценки с учетом возможного комплексного и сочетанного действия на медико-демографические процессы.

Основу перечня показателей может составить схема, приведенная на рисунке 1, включающая климатогеографические, градостроительные показатели, показатели, характеризующие качество окружающей среды, транспортной инфраструктуры и медико-демографической ситуации на территории.

В практику деятельности по обоснованию приоритетности управленческой деятельности, направленной на повышение качества жизни населения за счет обеспечения комфортности и санитарно-эпидемиологической безопасности среды городских поселений, внедряется понятие «комфортность

среды обитания». Однако до настоящего времени отсутствует единое понимание данного термина. Нормативные документы, используемые в данной области исследований, не учитывают в полной мере такие группы показателей, как климатогеографические, качество окружающей среды (шумовое и электромагнитное загрязнение), медико-демографическая ситуация.

*Выводы:*

– оценка комфортности городской среды наряду с показателями, применяемыми в настоящее время, должна включать полный перечень показателей, используемых для характеристики санитарно-эпидемиологического благополучия территории. Перечень показателей, входящих в группу, должен состоять из обязательных для всех территорий и дополнительных в зависимости от специфики территорий;

– для каждого показателя, входящего в группу, и группы в целом необходимо разработать количественные критерии оценки с учетом возможного комплексного и сочетанного действия факторов. В основу величины критериев оценки некоторых показателей можно положить величины показателей риска здоровью населения. Количественные характеристики позволят проводить объективную оценку существующей ситуации на территории и сравнительную оценку территорий. Объективная оценка позволит обосновывать необходимые управленческие решения, направленные на создание комфортных и безопасных условий проживания и их приоритетность.

Поступила 05.09.2022

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

*Крийт В.Е., к.х.н, v.kriit@s-znc.ru,  
Сладкова Ю.Н., sladkova.julia@list.ru,  
Волчкова О.В., 4291907@gmail.com,  
Скляр Д.Н., d.sklyar@s-znc.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

В современном мире человек все больше времени проводит внутри помещений различного функционального назначения, по разным данным — до 90% времени жизни, при этом наиболее чувствительные группы населения (пожилые люди, дети и инвалиды) находятся в помещениях больше времени, чем остальное население [1]. Увеличение времени нахождения в помещениях предъявляет особые требования к качеству жилья, которое также является одним из путей приспособления к климатическим изменениям. Климатические изменения приводят к деструктивным последствиям для таких важнейших базовых условий здоровья, как вода и пищевые продукты, а также предъявляют особые требования к обеспечению качества воздушной среды в жилых и общественных зданиях, что предполагает соблюдение гигиенических нормативов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений и обеспечение в помещениях оптимальных или допустимых параметров микроклимата, инструментальный контроль которых имеет ведущее значение.

Анализ жалоб населения на условия проживания показал необходимость приоритетного внимания к проведению инструментального контроля параметров микроклимата. Согласно Государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году», в структуре жалоб населения, связанных с воздействием физических факторов, доля жалоб на неблагоприятный микроклимат составляет 8,1% (3-е место после шума и электромагнитных полей).

В рамках проведения научно-исследовательской работы «Разработка и научное обоснование методов гигиенической оценки параметров микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий с учетом климатических районов», проводимой на основании Отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование мероприятий по развитию национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения России», а также в соответствии с Планом разработки (пересмотра) методических

документов в 2021 г., утвержденным Приказом Роспотребнадзора от 31.12.2020 № 899 (п. 34 плана), специалистами ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора разработан проект методических указаний «Методические указания по проведению измерений и оценке микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий», в котором сохранены общие подходы к гигиенической оценке тепловой обстановки в помещениях, сформулированные В.Н. Богословским, когда должны выполняться два условия: находящийся в центре помещения человек не должен испытывать перегрева или переохлаждения; второе условие определяет температурный комфорт для человека, находящегося на границе обслуживаемой зоны помещения около нагретых или охлажденных поверхностей.

Актуальность исследования состоит в том, что на сегодняшний день для жилых и общественных зданий одним из основных методических документов в области микроклимата является ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (действующий взамен ГОСТ 30494–96 с аналогичным названием). Исключение составляет аттестованная 07.05.2021 методика измерений МИ М.08–2021 «Методика измерений показателей микроклимата на рабочих местах в помещениях (сооружениях, кабинах), в помещениях жилых зданий (в том числе зданий общежитий), помещениях общественных, административных и бытовых зданий (сооружений), помещениях специального подвижного состава железнодорожного транспорта и метрополитена, в системах вентиляции промышленных, общественных и жилых зданий (сооружений), на открытом воздухе», отсутствующая в открытом доступе и базирующаяся на прямых однократных измерениях. Также необходимо отметить, что в структуре исследований физических факторов неионизирующей природы доля исследований микроклимата составляла в 2021 г. — 48,9%.

Несмотря на то что ГОСТ 30494 явился первым документом, позволяющим проводить измерения и оценку микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий (до 1999 г. измерения проводились в соответствии с руководствами по эксплуатации средств измерения), в документе имеется ряд противоречий и недоработок [2], не отражены требования к подготовке помещений, к обработке и представлению результатов измерений, отсутствует информация о получении объективных данных о наружной температуре воздуха, что приводит к возникновению вопросов при проведении измерений и, как следствие, к неоднозначной трактовке полученных результатов. Одной из основных проблем является практически невыполнимое требование к условиям проведения измерений показателей микроклимата [3]. Так, требование к проведению измерений показателей микроклимата в холодный период года при температуре наружного воздуха не выше  $-5^{\circ}\text{C}$  невыполнимо во многих южных регионах России, а в регионах, где в связи с меняющимся климатом выпадает только несколько дней с требуемыми для проведения измерений метеопараметрами, недостаточно как специалистов, так и средств измерений для проведения инструментального контроля в необходимом объеме. Так, в Санкт-Петербурге в 2020 г. за наиболее холодный месяц года (январь) был только 1 день с температурой наружного воздуха  $-5^{\circ}\text{C}$  и менее, в 2021 г. — 21 день, в 2022 г. — 11 дней.

Изменения средней температуры наиболее холодного месяца года (январь–февраль) в динамике можно проследить по данным, представленным в строительных нормах и правилах / сводах правил («Строительная климатология и геофизика», «Строительная климатология») с 1962 по 2020 г. (таблица 1).

Таблица 1 — Температура наружного воздуха в наиболее холодный месяц года,  $^{\circ}\text{C}$

Город	Строительные нормы и правила				
	СНиП II-A.6-62	СНиП II-A.6-72, СНиП 2.01.01-82	СНиП 23-01-99	СП 131.13330.2012, СП 131.13330.2018	СП 131.13330.2020
Санкт-Петербург (Ленинград)	-7,9 (февраль) (-7,5 январь)	-7,9 (февраль) (-7,7 январь)	-7,8 (январь)	-6,6 (январь)	-6,5 (январь)
Ростов-на-Дону, ЮФО	-6,3 (январь)	-5,7 (январь)	-5,7 (январь)	-3,8 (январь)	-3,8 (январь)

К числу невыполнимых можно отнести и необоснованно высокие требования стандарта к допустимой погрешности средств измерения по показателям «температура воздуха» и «скорость движения воздуха». Если посмотреть на допустимую погрешность применяемых испытательными центрами/лабораториями средств измерения, имеющих соответствующую область применения и внесенных в Госреестр Российской Федерации, то требованиям стандарта по показателю «температура воздуха» соответствует только комплект высокоточного термометра с черной сферой ЛТ-300-ЧС.

В условиях изменившихся нормативных документов, требований к представлению результатов и возможностей средств измерений, а также в связи с необходимостью исключения невыполнимых требований разработка методических указаний по проведению измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий является необходимой и крайне актуальной.

Цель настоящей работы заключалась в разработке требований к организации инструментального контроля, порядку и условиям проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий на различных этапах их эксплуатации, позволяющих проводить измерения во всех регионах Российской Федерации.

Проект методики базируется на методах прямых измерений, внесенных в эксплуатационную документацию на применяемые средства измерения, и имеет стандартную структуру, отвечающую современным требованиям к методическим документам: общие положения и область применения, основные критерии выбора помещений и условия для проведения измерений показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий, подготовка к проведению измерений, проведение измерений, требования к средствам измерения, обработка и оформление результатов измерений в соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», гигиеническая оценка микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий по результатам проведенных измерений, имеет два приложения (расчет результирующей температуры помещения с учетом требований международного стандарта ISO 7726:1998(E) «Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities» (Эргономика термальной среды. Приборы для измерения физических величин) и алгоритм расчета расширенной неопределенности измерений в соответствии с ГОСТ 34100.1–2017/ISO/IEC Guide 98–1:2009 «Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководства по выражению неопределенности измерения», ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98–3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения»), библиографические ссылки и термины и определения.

Представленный в методике минимально необходимый объем контроля позволяет выявить в здании помещения, в которых могут быть несоответствия параметров микроклимата нормативным требованиям, а также оценить значения в типичных помещениях (по функциональному назначению, площади, месту расположения). Для решения вопроса о предъявлении приемлемых для всех регионов требований к проведению измерений в зависимости от температуры наружного воздуха в проекте методики допускается возможность проведения измерений при осуществлении федерального государственного санитарно-эпидемиологического контроля (надзора) и на этапе ввода объектов законченного строительства (капитального ремонта, реконструкции) в эксплуатацию при характерных для территории размещения обследуемого объекта температурах наружного воздуха в холодный и теплый периоды года. Так, в качестве примера, в холодный период года измерения показателей микроклимата в помещениях можно будет проводить при верхней границе температуры наружного воздуха, не более чем на 5 °С превышающей среднюю температуру наиболее холодного месяца зимы, характерную для данной территории, при этом нижняя граница температуры наружного воздуха, при которой будет возможно проведение измерений, не будет ограничиваться. Такой подход позволит многократно увеличить количество дней, в которые можно будет проводить исследования. При рассмотрении обращений граждан с жалобами на неблагоприятный микроклимат, а также при проведении производственного контроля в залах ванн бассейнов и аквапарков в холодный или теплый периоды года измерение его показателей будет возможно проводить независимо от температуры наружного воздуха (при рассмотрении жалоб — при погодных условиях, идентичных существовавшим на момент обращения). Для исключения противоречий с действующей методикой МИ М.ИНТ-01.01–2018 «Методика измерений показателей микроклимата для целей специальной оценки условий труда» в проекте МУК сохранены жесткие требования к метеопараметрам при осуществлении производственного контроля в помещениях общественных зданий, что даст возможность применить результаты проведенных в рамках производственного контроля измерений для целей специальной оценки условий труда. Тем более, что в рамках производственного контроля, который проводится один раз в год, данные требования выполнимы.

В ходе работы были изучены и учтены существующие подходы к измерению температуры наружного воздуха, разработаны требования к организации, порядку и условиям проведения измерений непосредственно на прилегающей к обследуемому объекту территории, к обоснованию выбора площадок для проведения измерений на территории с высокой плотностью застройки, исключая влияние здания и покрытий на результаты измерений. С целью уточнения места расположения контрольной точки на прилегающей к обследуемому объекту территории были проведены натурные измерения температуры наружного воздуха в наиболее сложный для проведения исследований холодный период года. Измерения проводились с применением прибора «Метеоскоп-М»

(Госреестр СИ 32014–11) — универсального измерителя параметров микроклимата для проведения комплексного мониторинга среды в жилых и производственных помещениях и на открытой территории. Условия проведения измерений соответствовали рабочим условиям эксплуатации средства измерения. При проведении измерений для установления теплового равновесия с окружающей средой средство измерения выдерживалось в измененных условиях не менее 20 мин. Для получения устойчивых значений температуры наружного воздуха в каждой точке контроля измерения проводились в течение 10 мин. Измерения проводились в режиме усреднения результатов измерения текущих значений температуры наружного воздуха за выбранный интервал времени. Учитывались следующие критерии: направление ветра (подветренная и наветренная сторона обследуемого здания), расстояние от здания (5 м; 10 м и на расстоянии высоты здания), высота проведения измерений (1 м; 1,5 м; 2 м), тип покрытия (грунт и замощенная территория). По результатам проведенных измерений было установлено, что расстояние между местом измерения и обследуемым зданием, а также между местом измерения и близлежащими зданиями должно быть не менее одной высоты соответствующего здания. При невозможности выполнения данного условия на территории с высокой плотностью застройки расстояние между местом измерения и обследуемым зданием может быть сокращено, но не менее чем до 10 м. Измерения должны проводиться на открытой территории с подветренной стороны здания на высоте 2,0 м над поверхностью земли. При выборе площадки для проведения измерений предпочтение следует отдавать не замощенным участкам прилегающей к зданию территории. Дополнительно представлены источники получения официальной информации о температуре наружного воздуха, средней максимальной температуре воздуха (°С) наиболее жаркого месяца (июля) и средней температуре воздуха (°С) наиболее холодного месяца (января).

Внедрение методических указаний на основании предложенных критериев позволит испытательным лабораторным центрам/лабораториям проводить измерения показателей микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий с учетом ранжирования объектов исследования и климатических особенностей регионов Российской Федерации, органам инспекции — гигиеническую оценку (санитарно-эпидемиологическую экспертизу) полученных результатов измерений на соответствие актуализированным гигиеническим нормативам.

## Литература

1. Об обосновании предложений по изменениям и дополнениям санитарно-эпидемиологических требований к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях / С.А. Горбанев [и др.] // Гигиена и санитария. — 2019. — Т. 98, № 7. — С. 707–712.
2. *Малявина, Е.Г.* Новый ГОСТ на параметры микроклимата жилых и общественных зданий / Е.Г. Малявина // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). — 1999. — № 5. — С. 5–12.
3. *Позин, С.Г.* Проблемы гигиенического нормирования измерения микроклимата и устройства тепловых пунктов в жилых зданиях / С.Г. Позин // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / ГУ «РНПЦГ»; гл. ред. Л.В. Половинкин. — Минск: РНМБ, 2011. — Вып. 17. — С. 40–43.

Поступила 02.09.2022

## КОМПЛЕКСНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

*Леонович Э.И., к.м.н., доцент, leonovich70@mail.ru,  
Скоробогатая И.В., innaskorob@gmail.com*

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

В рамках выполнения Директивы Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» и Постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25.04.2016 № 336 «Об утверждении плана мероприятий по реализации Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 „О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства“» в плане поэтапного вывода

из эксплуатации котельного оборудования, работающего с КПД менее 75 %, рекомендуется произвести модернизацию котельных Республики Беларусь с более высокими КПД и перевести их на местные виды топлива, что позволит снизить экономическую статью расходов на топливо и себестоимость отпускаемого тепла [1, 2].

Цель исследования — дать комплексную гигиеническую оценку уровня загрязнения атмосферного воздуха на границе расчетной санитарно-защитной зоны, близлежащей территории жилой застройки и на расстоянии 10–40 высот дымовой трубы в районе расположения котельной на фрезерном торфе.

Предмет исследования — максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, обусловленные выбросами котельной и фоновыми концентрациями вредных химических веществ в районе расположения котельной на фрезерном торфе.

Был проведен расчет комплексного индекса загрязнения атмосферного воздуха (далее — КИЗА) на границе расчетной санитарно-защитной зоны (далее — СЗЗ), территории близлежащей жилой застройки и на расстоянии 10–40 высот дымовой трубы котельной (таблица 1).

Таблица 1 — Уровень загрязнения атмосферного воздуха с использованием комплексного индекса загрязнения атмосферы

Комплексный индекс загрязнения атмосферы приоритетными веществами		
Граница расчетной СЗЗ	Территория жилой застройки	Расстояние 10–40 высот дымовой трубы
1,27	1,49	1,13

Полученные результаты расчетов показывают, что комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха комплексом приоритетных загрязняющих веществ ( $n = 4$ ), входящих в состав выбросов объекта, на границе расчетной санитарно-защитной зоны, территории жилой застройки и на расстоянии 10–40 высот дымовой трубы оценивается как «низкий» ( $КИЗА < 5,0$ ). Приоритетными загрязняющими веществами являются азот (IV) оксид (азота диоксид), сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ), углерод оксид (окись углерода, угарный газ) и твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль).

Дана гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха (показатель «Р») по расчетным значениям максимальных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере на границе расчетной санитарно-защитной зоны, территории жилой застройки и на расстоянии 10–40 высот дымовой трубы.

Таблица 2 — Степень загрязнения атмосферного воздуха (показатель «Р»)

Степень загрязнения атмосферного воздуха (показатель «Р»)		
Граница расчетной СЗЗ	Территория жилой застройки	Расстояние 10–40 высот дымовой трубы
1,38	1,42	1,34

Степень загрязнения атмосферы соответствует допустимой (I) степени загрязнения атмосферного воздуха (показатель «Р»  $< 5,0$  при количестве загрязнителей — 11). Допустимой (I) степени загрязнения атмосферного воздуха соответствует такая градация популяционного здоровья населения, как «адаптация». Согласно шкале рисков уровень канцерогенного риска составляет  $10^{-7}$  (один дополнительный случай рака в популяции 1 млн чел.), и такой риск считается «приемлемым».

Относительный показатель опасности предприятия составил 0,38 при суммарном объеме выбросов в атмосферный воздух предприятия 22,234 т/год, следовательно, объект относится к умеренным предприятиям (IV класс), дискретный размер расчетной санитарно-защитной зоны которых составляет 101–150 м.

Потенциальный риск развития рефлекторных эффектов немедленного действия, потенциальный риск хронического воздействия всех загрязняющих веществ на границе расчетной СЗЗ, территории жилой застройки и на расстоянии 10–40 высот дымовой трубы оценивается как «приемлемый» ( $Risk < 0,05$ ).

Коэффициенты опасности развития неблагоприятных эффектов при кратковременном ингаляционном и хроническом ингаляционном воздействии всех загрязняющих веществ на границе расчетной СЗЗ, территории жилой застройки и на расстоянии 10–40 высот дымовой трубы оцениваются как «низкий (минимальный)» ( $КО < 1,0$ ).

Индивидуальный и популяционный канцерогенный риск от воздействия канцерогенных загрязняющих веществ оценивается как «приемлемый (минимальный)».

На основании величин КИЗА, показателя «Р», величин потенциальных рисков, индексов опасности воздействия загрязняющих веществ, относительного показателя опасности объекта, количества стационарных и мобильных источников выбросов объекта, величин максимальных концентраций загрязняющих веществ в долях ПДК, размеров расчетной СЗЗ дана комплексная гигиеническая оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха (таблица 3).

Таблица 3 – Комплексный уровень загрязнения атмосферного воздуха

Показатель	Критерии	Условные баллы
Величина относительного показателя опасности объекта	Критерий А <sub>1</sub>	Число условных баллов
<b>0,38</b>	<b>0,01–1,0</b>	<b>1</b>
Количество стационарных источников выбросов загрязняющих веществ	Критерий А <sub>2</sub>	Число условных баллов
<b>2</b>	<b>До 5 включительно</b>	<b>0</b>
Количество мобильных источников выбросов загрязняющих веществ	Критерий А <sub>3</sub>	Число условных баллов
<b>2</b>	<b>До 5 включительно</b>	<b>0</b>
Количество загрязняющих веществ и (или) групп загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, превышающих гигиенические нормативы	Критерий В <sub>1</sub>	Число условных баллов
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Количество загрязняющих веществ и (или) групп загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, составляющие от 0,5 до 1,0 ПДК (ОБУВ)	Критерий В <sub>2</sub>	Число условных баллов
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Размер расчетной санитарно-защитной зоны	Критерий В <sub>3</sub>	Число условных баллов
<b>95 м</b>	<b>До 100 м включительно</b>	<b>0</b>
<b>Н = (А<sub>1</sub> + А<sub>2</sub> + А<sub>3</sub>) + (2В<sub>1</sub> + В<sub>2</sub> + В<sub>3</sub>) = (1 + 0 + 0) + (2 × 0 + 2 + 0) = 3 балла (допустимый)</b>		
Показатель «Р» (Р)	Критерий	Число условных баллов
<b>Допустимая (&lt; 5,0)</b>	<b>&lt; 5,0</b>	<b>0</b>
КИЗА (К)	Критерий	Число условных баллов
<b>Низкий (&lt; 5,0)</b>	<b>&lt; 5,0</b>	<b>0</b>
<b>Нв = Р + К = 0 + 0 = 0 баллов (допустимый)</b>		
Risk <sub>1</sub> — потенциальный риск немедленного (рефлекторного) действия	Критерий Risk <sub>1</sub>	Число условных баллов
<b>Приемлемый</b>	<b>Risk<sub>1</sub> &lt; 0,05</b>	<b>0</b>
Risk <sub>2</sub> — потенциальный риск хронического действия	Критерий Risk <sub>2</sub>	Число условных баллов
<b>Приемлемый</b>	<b>Risk<sub>2</sub> &lt; 0,05</b>	<b>0</b>
Risk <sub>3</sub> — коэффициент опасности при остром воздействии	Критерий Risk <sub>3</sub>	Число условных баллов
<b>Низкий</b>	<b>Risk<sub>3</sub> &lt; 1,0</b>	<b>0</b>
Risk <sub>4</sub> — коэффициент опасности при остром воздействии	Критерий Risk <sub>4</sub>	Число условных баллов
<b>Низкий</b>	<b>Risk<sub>4</sub> &lt; 1,0</b>	<b>0</b>
Risk <sub>5</sub> — потенциальный индивидуальный канцерогенный риск	Критерий	Число условных баллов
<b>Приемлемый (минимальный)</b>	<b>Risk<sub>5</sub> ≤ 1,0 × 10<sup>-6</sup></b>	<b>0</b>
<b>HR = Risk<sub>1</sub> + Risk<sub>2</sub> + Risk<sub>3</sub> + Risk<sub>4</sub> + Risk<sub>5</sub> = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 баллов (допустимый)</b>		

Таким образом, комплексный уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивается как «допустимый». При таком уровне загрязнения атмосферного воздуха, как правило, неблагоприятные

медико-экологические тенденции отсутствуют, отмечается фоновый уровень заболеваемости, практически исключается рост заболеваемости населения (адаптация). Низкая приоритетность действий, дополнительных мер не требуется. Данный уровень воздействия подлежит только периодическому контролю.

## Литература

1. О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства [Электронный ресурс]: Директива Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 № 3. — Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/direktiva-3-ot-14-ijunja-2007-g-1399>. — Дата доступа: 05.09.2022.
2. Об утверждении плана мероприятий по реализации Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25.04.2016 № 336. — Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=C21600336>. — Дата доступа: 05.09.2022.

Поступила 15.09.2022

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

*Мальшева А. Г., д. б. н., профессор, amalysheva@cspmtz.ru,*

*Михайлова Р. И., д. м. н., профессор,*

*Рыжова И. Н., к. м. н.,*

*Кочеткова М. Г.*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия

Для адекватной гигиенической оценки качества водных объектов рекомендовано использовать комплекс методов физико-химического анализа, включающий определение органических соединений методами газовой хроматографии с селективным детектированием, ВЭЖХ и хромато-масс-спектрометрии с разного вида извлечением веществ из пробы (газовая, жидкостная и твердофазная экстракция) и многоэлементный анализ, направленный на определение катионно-анионного состава. Применение такого подхода позволит контролировать в питьевой воде, воде водоисточников, расфасованных питьевых водах широкий спектр органических соединений с молекулярной формулой  $C_1-C_{40}$  и до 30 и более гигиенически значимых тяжелых металлов и элементов.

При обсуждении актуальности проблем анализа воды водных объектов приводились данные о различных количествах веществ, загрязняющих окружающую среду, — от десятков тысяч до миллионов соединений. При этом известно, что начиная с 1954 г., когда было зарегистрировано 600 тыс. химических соединений, их число выросло до 12 млн в 1992 г., в 1995 г. оно достигло 16 млн, а к настоящему времени их зафиксировано более 20 млн. При этом ежегодно синтезируется около 10 новых органических соединений, однако большинство из них получены в микроколичествах для научных целей и, совершенно очевидно, никогда не найдут широкого применения. Обсуждая реальную потребность в контроле новых веществ, следует исходить из фактического количества, нашедшего применение в промышленности. В США, например, существует перечень из 17 тыс. веществ, объем производства каждого из которых превышает 1 тыс. фунтов в год, а общее число потенциально способных загрязнять окружающую среду соединений определяется в пределах 40–60 тыс. В то же время, согласно данным ВОЗ, в промышленности используется до 500 тыс. органических соединений. В сточных водах 33 различных производств идентифицировано до 1500 химических ингредиентов, а в водоемах и питьевой воде различных стран мира доказано наличие до тысячи соединений: в Англии — 360, в США — 669, в нашей стране в реке Урал — 208, в Китае в речной воде — 182.

Одним из актуальных направлений физико-химических исследований в гигиене воды можно считать развитие аналитических исследований, ориентированных на совершенствование контроля качества питьевой воды, поскольку к настоящему времени аналитический мониторинг качества

водных объектов (воды водоисточников, поверхностной и подземной воды, питьевой воды, расфасованных вод) основан на учете малого и ограниченного количества веществ.

Учитывая многокомпонентность химического загрязнения и процессы трансформации веществ в воде водоисточников под действием природных факторов среды (озон, оксиды азота, УФ-облучение, температура), а также влияние обеззараживающих агентов в процессе водоподготовки, во многих случаях состав загрязняющих веществ питьевой воды остается неизвестным. Существующая практика, когда в водных объектах измеряются концентрации заранее ожидаемых веществ неселективными методами, может приводить к ошибочным результатам (поскольку побочное, мешающее действие при анализе одних веществ может быть принято за наличие других, в то время как истинные загрязнители оказываются вообще не выявленными), не соответствует современным гигиеническим требованиям к качеству воды. Для многокомпонентных смесей токсичных соединений, способных подвергаться трансформации в воде, важным этапом исследования является идентификация веществ. Поэтому, учитывая многокомпонентность состава химического загрязнения объектов окружающей среды и протекающие в ней процессы трансформации веществ, при гигиенической оценке качества питьевой воды и определении степени опасности влияния химического загрязнения на здоровье населения необходима оценка, основанная на учете комплекса веществ, реально содержащихся в водных объектах и поступающих от различных источников загрязнения.

Проблема контроля усугубляется еще и тем, что в основе большинства официальных методов аналитического контроля, используемых как в нашей стране, так и за рубежом, лежит принцип целевого анализа, ориентированного на определение конкретных веществ или групп соединений. В то время как водные объекты с точки зрения химического загрязнения часто представляют собой пробы воды практически неизвестного состава. Поэтому такой подход, направленный только на контроль с использованием целевых анализов, не учитывает применение обзорных анализов, ориентированных на идентификацию неизвестных и тем более контроль ненормированных соединений.

Весь мониторинг основан на контроле малого количества веществ. Однако в реальной действительности наблюдаем многокомпонентность состава загрязнений водных объектов. Так, в питьевой воде г. Москвы обнаружен спектр веществ, включающий более 40 только летучих органических соединений. Основные пики среди них принадлежали галогенсодержащим органическим соединениям, образующимся при хлорировании воды в процессе подготовки с целью обеззараживания. В питьевой воде Нижнего Новгорода идентифицировано более 40 веществ, г. Черновцы — 95 соединений. Идентифицированы представители галогенсодержащих соединений, в частности хлороформ, бромдихлорметан, хлорпропан, хлорциан, превышающие предельно допустимую концентрацию (далее — ПДК). Для сравнения: в воде из артезианской скважины (г. Кимры Тверской обл.) обнаружено 8 веществ природного происхождения (терпеновые углеводороды).

Среди спектров идентифицированных веществ более 50 % не имели гигиенических нормативов. Следовательно, их влияние на здоровье человека остается бесконтрольным. Среди ненормированных веществ присутствовали соединения, относящиеся к группам высокотоксичных соединений. Так, в питьевой воде г. Свердловска выявлены хлорпикрин и хлорциан. Хлорпикрин — весьма токсичное соединение, применявшееся в Первую мировую войну как отравляющее вещество. Известно, что его образование возможно при хлорировании воды, содержащей нитраты, нитриты, аминокислоты, нитрофенолы и другие азотсодержащие соединения. По рекомендациям ВОЗ оно отнесено к веществам, приоритетным для контроля качества питьевой воды.

Анализ, ориентированный на идентификацию или поиск широкого спектра неизвестных соединений, использованный для решения сложной экологической проблемы, в речной воде Северского Донца ниже сброса ПО «Краситель» в повышенных концентрациях выявил присутствие свыше 50 веществ. Среди идентифицированных соединений обнаружены ароматические соединения и их хлорпроизводные, в частности моно-, ди- и трихлорбензолы. В воде р. Волги в районе г. Дубны также обнаружен широкий спектр органических веществ антропогенного происхождения. Среди них присутствовали ароматические углеводороды и хлороформ, выявлен бензальдегид с концентрацией, превышающей предельно допустимую до 5 раз.

Проблема контроля осложняется процессами трансформации веществ, нередко приводящими к образованию более токсичных и опасных соединений, чем исходные. Известно, что обеззараживание воды хлорированием вызывает образование токсичных и опасных продуктов — галогенсодержащих соединений. В качестве примера приведем оценку опасности применения первичного хлорирования на примере аналитического исследования перехлорированной поверхностной воды, отобранной во время весеннего паводка. Так, в спектре из более 60 органических веществ выявлено 26 галогенсодержащих соединений, некоторые из них обнаружены в концентрациях, превышающих ПДК до 10 раз. Более 50 % из выявленных галогенсодержащих соединений не имели гигиенических

нормативов. Среди них обнаружены вещества, относящиеся к группам токсичных и опасных, — хлорбутан, хлороктан, хлоргептан, хлорацетальдегид, хлорпикрин и др. Присутствие ненормированных веществ в воде в процессе ее подготовки остается бесконтрольным, и их влияние на здоровье населения не учитывается.

При использовании альтернативного хлорированию способа обеззараживания — озонирования — также выявлены токсичные и опасные продукты трансформации. Так, из одного вещества толуола образовалось более 10 веществ, некоторые из них — более токсичные, например, бензальдегид, ацетон, ацетофенон. Наиболее гигиенически значимые представители продуктов трансформации в воде при озонировании алкилароматических соединений — ацетальдегид, бензальдегид, ацетофенон, броматы и др. В частности, при озонировании  $\alpha$ -метилстирола обнаружено образование ацетофенона, формальдегида, фенола, бензола, низшего гомолога индена и фталевого ангидрида.

При контроле процессов трансформации важным является не только учет состава продуктов деструкции, но и степень трансформации исходного вещества. Так, 1,1-бифенил оказался более стабильным, чем  $\alpha$ -метилстирол, и проявил большую устойчивость к действию озона. Обнаружено, что при дозе озона 0,4 мг/дм<sup>3</sup> и времени контакта 4 мин трансформировалось 48 %, а максимальная степень трансформации не превысила 86 %. Среди продуктов трансформации 1,1-бифенила обнаружены 1,3-бенздиол, 4,5-диметил-, 3-метоксифенол, 1-метилнафталин-2 и фенол.

При озонировании поверхностно-активного вещества (этония-79) обнаружено уменьшение концентраций присутствующих в виде примесей при его растворении в воде спиртов C<sub>6</sub>–C<sub>9</sub> в 1,2 раза, трансформация которых способствовала образованию альдегидов C<sub>6</sub>–C<sub>9</sub>, составивших до 0,3 %, и органических кислот C<sub>6</sub>–C<sub>9</sub> — до 2,5 % массового содержания. Установлено, что дезинфицирующее средство «Новодез» (алкилдиметилбензиламмоний хлорид) содержало в виде микропримесей диметиламины, амиды, оксимы и эфиры. При озонировании его в воде обнаружено, что содержание аминов увеличилось до 3 раз, образовался ароматический амин (N, N-диметил-бензилметанамин), концентрация амидов уменьшилась в 2,5 раза, оксимов увеличилась в 2,4 раза, а эфиры практически полностью деструктурировались. Продуктами трансформации при озонировании флокулянта ВПК-402 (полидиаллилдиметиламмоний хлорид) являлись гексановая кислота и октиловый эфир 2-метил-3-оксипропионовой кислоты.

Значительная часть идентифицированных побочных продуктов озонирования не имела гигиенических нормативов. Таким образом, озонирование как один из альтернативных хлорированию реагентных способов обеззараживания питьевой воды, применяемый в современных технологиях как централизованного, так и локального водоснабжения, также способен приводить к трансформации веществ. При этом возможно образование более токсичных и опасных продуктов трансформации. Состав продуктов деструкции зависит от условий озонирования и исходного состава химического загрязнения воды. Оценка продуктов трансформации при озонировании ряда органических соединений, способных загрязнять водные объекты, показала, что нередко остается неучтенным влияние на здоровье населения не только выявленных ненормируемых веществ, но также и нормируемых неидентифицированных продуктов трансформации.

Известно, что источником образования токсичных и опасных продуктов трансформации в процессе водоподготовки под влиянием сильных окислителей являются природные высокомолекулярные соединения — гуминовые и фульвокислоты. Сравнительная оценка поверхностных вод с разным уровнем гуминовых соединений показала, что при их хлорировании в воде с большим (более 2 раз) уровнем содержания гумусовых веществ образовалось почти в 4 раза больше по суммарному содержанию продуктов трансформации, в том числе также и галогенсодержащих соединений, составивших 90 % всех продуктов хлорирования. При озонировании, так же как и при хлорировании, установлен факт существенно большего в качественно-количественном отношении образования органических веществ в воде, имеющей больший уровень содержания гумусовых соединений. Однако при озонировании выявлено только в 2 раза больше суммарного содержания продуктов в воде с большим уровнем содержания гумусовых веществ. Эти результаты также подтверждают важный в гигиеническом отношении факт, свидетельствующий об опасности первичного обеззараживания применением реагентных способов, но для озонирования — в меньшей степени, чем для хлорирования, и в обоих случаях — о необходимости удаления из воды предшественников образования продуктов трансформации, в частности гумусовых веществ. При озонировании поверхностных вод с разным содержанием гумусовых веществ установлено значительно большее содержание по сравнению с хлорированием кислородсодержащих соединений, причем в воде с кислой и нейтральной реакцией продуктов трансформации — больше, чем в слабощелочной. В то же время образование галогенсодержащих веществ при озонировании воды оказалось минимальным при всех рН, что объясняется недостаточной окисляющей способностью озона на галогениды в присутствии избытка природных

органических полимеров-восстановителей (гумусовых веществ) и взаимодействием озона с ними. Следовательно, озон, так же как и хлор, реагирует с природными высокомолекулярными органическими соединениями — гумусовыми веществами, содержащимися в поверхностной воде, — с образованием продуктов трансформации в виде низкомолекулярных веществ (альдегидов, кетонов и др.). Несмотря на то что содержание продуктов озонирования при дозах, применяемых в практике водоподготовки, меньше, чем продуктов хлорирования, применение технологии озонирования требует обеспечения адекватного аналитического мониторинга качества питьевой воды с точки зрения безопасности продуктов трансформации.

Вышеизложенное свидетельствует, что при гигиенической оценке качества воды нередко возникает необходимость рассматривать воду как объект неизвестного состава. В связи с этим аналитические исследования, направленные на расшифровку возможно более полного спектра загрязняющих веществ, являются актуальными. Поэтому для совершенствования аналитического мониторинга качества водных объектов необходимо рекомендовать переход с гигиенической оценки, основанной только на учете отдельных веществ, определяемых целевым анализом, к комплексной оценке на основе мониторинга, учитывающего идентификацию максимально полных спектров веществ, реально содержащихся в водных объектах и поступающих от различных источников загрязнения. Для адекватной гигиенической оценки качества водных объектов необходимо исходить из следующего алгоритма: применение обзорного анализа, выбор ведущих показателей на основе оценки выявленного компонентного состава загрязнений по степени их гигиенической значимости и проведение целевых анализов по выбранным ведущим показателям.

Для этой цели рекомендовано использовать комплекс методов физико-химического анализа, включающий определение органических соединений методами газовой хроматографии с селективным детектированием, ВЭЖХ и хромато-масс-спектрометрии с разного вида извлечением веществ из пробы (газовая, жидкостная и твердофазная экстракция), и многоэлементный анализ, направленный на определение катионно-анионного состава. Применение такого подхода позволит контролировать в питьевой воде, воде водоисточников, расфасованных питьевых водах широкий спектр органических соединений с молекулярной формулой  $C_1-C_{40}$  и до 30 и более гигиенически значимых тяжелых металлов и элементов.

Поступила 26.08.2022

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СРЕДСТВ СОТОВОЙ СВЯЗИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ**

<sup>1</sup> Никитина В. Н., д.м.н., [v.nikitina@s-znc.ru](mailto:v.nikitina@s-znc.ru),

<sup>2</sup> Мордачев В. И., к.т.н., доцент, [mordachev@bsuir.by](mailto:mordachev@bsuir.by)

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

В условиях развития научно-технического прогресса воздействие антропогенных электромагнитных полей на население становится неизбежным. Интенсивность данного физического фактора в среде обитания человека будет нарастать быстрыми темпами, особенно в радиочастотной области. Это обусловлено прежде всего чрезвычайно интенсивным развитием и внедрением беспроводных технологий, систем и услуг во все сферы человеческой деятельности. Эволюция поколений мобильной связи от 2G/3G к 4G/5G и далее переход к 6G предполагает увеличение на несколько порядков территориальной плотности источников радиочастотных электромагнитных полей (далее — ЭМП РЧ) — до 105 ед./км<sup>2</sup> в сетях 4G, до 106 ед./км<sup>2</sup> в сетях 5G и до 107 ед./км<sup>2</sup> в сетях 6G. Управление электромагнитной обстановкой (далее — ЭМО) в интересах обеспечения безопасности населения требует разработки и внедрения эффективных технологий и средств как прогнозирования, так и аппаратного определения уровней ЭМП, создаваемого на селитебной территории базовыми (далее — БС) и абонентскими терминалами (далее — АТ) мобильной радиосвязи. Поэтому актуальность разработки методических подходов к определению уровней ЭМП РЧ, создаваемых средствами со-

товой связи, в окружающей среде несомненна. При воздействии ЭМП РЧ рассматриваются три вида риска здоровью. Это осознанный риск у персонала, подвергающегося воздействию фактора в условиях профессиональной деятельности, риск добровольный — при использовании излучающих устройств преимущественно в целях комфорта, и вынужденный риск, когда на человека воздействует ЭМП от источников, на размещение которых он повлиять не может, и это вызывает наибольшую обеспокоенность населения. К таким источникам относятся средства сотовой связи, антенны которых создают ЭМП РЧ на селитебных территориях. В статье на основании собственного и зарубежного опыта рассмотрены проблемы определения уровней ЭМП РЧ, создаваемых средствами сотовой связи в окружающей среде. Известно, что определение уровней ЭМП проводится расчетными и инструментальными методами. Сравнительный анализ интенсивности составляющих электромагнитного фона (ЭМФ) при реализации различных сервисов (мобильная телефония, мобильный интернет и т. п.) свидетельствует о том, что в целом при равномерном распределении абонентских терминалов на открытой территории вклад излучений БС в интенсивность ЭМФ является преобладающим. Однако в местах локального сосредоточения АТ, особенно при «затенении» этих мест зданиями, составляющая ЭМФ, создаваемая излучениями АТ, по интенсивности может превышать как интенсивность ЭМП БС, так и принятый норматив  $10 \text{ мкВт/см}^2$  для населения. Данный вывод подтвержден результатами моделирования работы фрагмента сети мобильной связи (далее — МС) стандарта GSM, выполненного с использованием компьютерной модели городской застройки центральной части Минска [1]. Прямой расчет уровней ЭМП РЧ, создаваемых в окружающей среде множеством БС и АТ, невозможен ввиду одновременной эксплуатации многочисленных источников ЭМП РЧ и априорной неопределенности исходных данных. В учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» разработана методика интегральной оценки интенсивности электромагнитного фона, создаваемого радиооборудованием МС у земной поверхности, на основе анализа системных характеристик сетей мобильной связи — электромагнитной нагрузки на территорию, создаваемой множеством БС и АТ, и территориальной плотности мобильного трафика по радиоканалам БС [2]. Практичность предлагаемой методики определяется возможностью оперировать доступными исходными данными о характеристиках оборудования и систем мобильной связи, а также прогнозом средней территориальной плотности беспроводного трафика в периоды наибольшей нагрузки, не прибегая к чрезвычайно сложному и трудоемкому анализу радиоэлектронной обстановки. Адекватность данной методики подтверждена ее верификацией с опубликованными результатами многочисленных измерений уровней ЭМФ в полосах частот сотовой связи во многих странах, что позволяет рекомендовать ее для практического использования и совершенствования оценки риска для здоровья населения от воздействия ЭМП РЧ, создаваемых БС и АС на социально значимых объектах. Актуальна разработка методических вопросов измерения уровней ЭМП сети сотовой связи, особенностью которых является широкая временная и пространственная изменчивость. В России при инструментальном определении уровней ЭМП, создаваемых антеннами БС на открытой территории, в настоящее время применяются точечные кратковременные измерения уровней ЭМП преимущественно широкополосными приборами. В настоящее время в связи с развитием технологий 5G разрабатываются методические вопросы измерения уровней ЭМП БС. Необходимость совершенствования методик измерения уровней ЭМП БС, воздействующих на население, подтверждается многочисленными зарубежными исследованиями. Нами был выполнен научный анализ около 30 работ по данному вопросу, опубликованных только за период 2016–2021 гг. Анализ показал, что за рубежом для измерения уровней ЭМП БС на территории применяются преимущественно селективный прибор Narda SRM-3000, широкополосные изотропные зонды с анализаторами спектра, другие селективные средства измерения. Предпочтение отдается применению селективных приборов, устанавливаемых на автомобилях. В работах рассматривается возможность измерений уровней ЭМП БС приборами, установленными на беспилотных летательных аппаратах. В ряде исследований представлены данные «индивидуальной дозиметрии» ЭМП с использованием индивидуальных дозиметров различных типов. При индивидуальной дозиметрии применяются различные варианты размещения антенн и приборов (непосредственно на теле человека, в пластиковой корзине на велосипеде, рюкзаке). Однако это вопрос сложный, и нельзя не согласиться с авторами, которые критикуют данный подход, указывая, что не ясно, как сравнивать показания разных устройств в реальной среде, где имеются сложные сочетания изменяющихся во времени сигналов и пространственной ориентации антенн дозиметров. Вызывает опасения искажение ЭМП, падающего на антенну прибора, размещенную непосредственно на теле или вблизи тела человека [3]. В ряде работ подчеркивается, что имеющиеся различия в протоколах измерения ЭМП, принятых в разных странах, затрудняют сравнение результатов измерения ЭМП БС в окружающей среде. За рубежом опубликованы единичные работы, в которых рассматриваются

методические вопросы измерения ЭМП РЧ от антенн БС сети 5G. Обсуждается ряд методов оценки воздействия на человека ЭМП, излучаемых базовыми станциями 5G. Новым в пятом поколении сотовой связи является использование адаптивного и гибкого формирования лучей антенной БС. Указывается, что в настоящее время пока не существует надежного метода, позволяющего экстраполировать измеренные данные на максимальное теоретическое воздействие. Рассматривается возможность применения широкополосных и селективных приборов для измерения ЭМП БС пятого поколения, при этом подчеркивается, что излучаемая мощность ЭМП РЧ БС 5G сильно зависит от текущей интенсивности беспроводного трафика и поведения пользователя, это верно и для глобальной системы мобильной связи (далее — GSM), и для универсальной мобильной телекоммуникационной системы UMTS — 3G, и для LTE — 4G. На практике это означает, что текущее воздействие, измеренное в течение определенного времени наблюдения, может быть намного ниже теоретического максимального воздействия. Однако экстраполяция на теоретический максимум воздействия может быть оценена только при соблюдении определенных предварительных условий, которые рассматриваются в работе [4]. В другой работе проведен анализ вопросов и проблем, связанных с измерениями ЭМП технологии 5G, которые имеют решающее значение для оценки соответствия уровней электромагнитных полей нормативным ограничениям. Авторы указывают, что существующие методики, предназначенные для измерения ЭМП в сетях 2G, 3G и 4G, не подходят для 5G. Причина заключается в использовании новых методов, таких как MIMO, «beamforming» (динамичное адаптивное по ориентации формирование сравнительно узких лучей в направлении на абонентов) и существенное расширение как выделенного радиочастотного ресурса (до диапазона миллиметровых волн), так и полос частот радиоканалов (на порядок и более). Мнение авторов о том, что существующие методы измерения могут привести к завышенным результатам, если они будут применяться к сетям 5G, является спорным, при этом в работе предлагается альтернативный метод оценки воздействия ЭМП, основанный на расчетах и моделировании и позволяющий, по мнению авторов, получить точную оценку распределения ЭМП в среде 5G [5].

В этой связи нельзя не отметить зависимости между характером и объемом гигиенического нормирования параметров ЭМО, создаваемой современными и перспективными системами мобильной связи, и необходимостью аппаратного контроля нормируемых характеристик этой ЭМО. Сложная спектрально-временная структура флуктуирующих ЭМП РЧ, создаваемых БС и АТ систем 4G/5G, повышает степень их опасности для здоровья населения. Поэтому определения предельно допустимых средних уровней ЭМП РЧ и аппаратного контроля соблюдения этих ограничений, принятых в настоящее время для обеспечения электромагнитной безопасности населения по отношению к сотовой связи, видимо, недостаточно, и, возможно, будет признано необходимым и нормировать, и контролировать выбросы интенсивности этого ЭМФ, а также в целом усложнить нормирование характеристик ЭМО, создаваемых перспективными системами сотовой связи, например введя дополнительные связанные ограничения на сочетания ее энергетических (средних и пиковых значений) и неэнергетических (диапазон частот, время нарастания импульсов, динамический диапазон и т. п.) характеристик. Однако усложнение системы нормирования характеристик ЭМО влечет за собой соответствующее увеличение трудоемкости и стоимости систем и процедур контроля, что может оказаться неприемлемым. Поэтому принятие в этой области решений, фактически определяющих условия безопасного развития систем и услуг 4G/5G/6G, должно опираться на результаты глубоких, комплексных и независимых научных исследований фактического влияния ЭМО, создаваемой излучениями БС и АТ сотовой связи современных и перспективных поколений, на здоровье населения.

На сегодня можно констатировать, что определение уровней ЭМП, воздействующих на человека в сложной ЭМО, создаваемой множеством радиоэлектронных средств мобильной связи различных стандартов, является сложной проблемой. Данная проблема станет еще более острой при полномасштабном внедрении технологий 5G, планируемом в ближайшие 5–10 лет. Очевидна важность решения методических задач по определению уровней электромагнитных полей средств сотовой связи в окружающей среде в проблеме обеспечения электромагнитной безопасности населения.

## Литература

1. Свистунов, А. С. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями и абонентскими устройствами сотовых радиосетей в местах с высокой плотностью населения / А. С. Свистунов // Докл. БГУИР. — 2018. — № 6. — С. 26–31.
2. Мордачев, В. И. Оценка уровня электромагнитного фона, создаваемого беспроводными системами информационного обслуживания населения, на основе прогноза территориальной плотности трафика / В. И. Мордачев // Докл. БГУИР. — 2019. — № 2. — С. 39–49.

3. A real-world quality assessment study in six ExpoM-RF measurement devices / ACCEDERA team; M. Eeftens [et al.] // *Environ. Res.* — 2020. — Vol. 182. — P. 109049.

4. Keller, H. On the Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Fields Transmitted by 5G NR Base Stations / H. Keller // *Health Physics.* — 2019. — Vol. 117, № 5. — P. 541–545.

5. Pawlak, R. On Measuring Electromagnetic Fields in 5G Technology [Electronic resource] / R. Pawlak, P. Krawiec, J. Zurek // *IEEE Access.* — 2019. — Vol. 7. — Mode of access: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8660395>. — Date of access: 15.09.2020.

Поступила 02.09.2022

## КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ

<sup>1</sup>Новикова И. И., д.м.н., профессор, [novikova\\_ii@niig.su](mailto:novikova_ii@niig.su),

<sup>1</sup>Савченко О. А., к.б.н., [savchenkooa1969@mail.ru](mailto:savchenkooa1969@mail.ru),

<sup>1</sup>Огудов А. С., [ogudov.tox@yandex.ru](mailto:ogudov.tox@yandex.ru),

<sup>1</sup>Одарченко И. В., [irina-ariseha@yandex.ru](mailto:irina-ariseha@yandex.ru),

<sup>1</sup>Александрова Д. А., [aleksandrova\\_da@niig.su](mailto:aleksandrova_da@niig.su),

<sup>2</sup>Ступа С. С., [stupa\\_s73@mail.ru](mailto:stupa_s73@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области», г. Новосибирск, Россия

Актуальность статьи предопределена рядом проблем, возникших после распада великой державы СССР, связанных с замедлением темпов развития научно-технического прогресса, снижением уровня здоровья населения, продолжительности и качества жизни, качества образования, ухудшением экологического состояния окружающей природной среды в целом.

Охрана здоровья граждан Российской Федерации (далее — РФ) является делом государственной важности и все чаще рассматривается в связи с качеством жизни членов ее общества, т. е. системой материальных, социокультурных, экологических и демографических компонентов, в целях обеспечения национальной и государственной безопасности [1–5]. Право на охрану здоровья закреплено в Конституции РФ, а также определено национальными целями и стратегическими задачами развития страны<sup>1</sup> и задачами Министерства здравоохранения РФ по формированию здорового образа жизни (далее — ЗОЖ) населения, профилактике и контролю неинфекционных заболеваний на ближайший период<sup>2</sup>, связанными с повышением качества и продолжительности активной жизни трудящегося контингента, профилактикой вредных привычек.

Правовую основу Стратегии формирования ЗОЖ населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 г. составляют Конституция Российской Федерации, Федеральный закон от 28 июня 2014 № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», Стратегия национальной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 г. № 683, Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р, Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 г., утвержденные распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р, План мероприятий на 2016–2020 гг. по реализации первого этапа Стратегии действий в интересах граждан старшего поколения в Российской Федерации до 2025 г., утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 ноября 2016 г. № 2539-р, а также иные нормативные правовые

<sup>1</sup> Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями).

<sup>2</sup> Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 января 2020 г. № 8 «Об утверждении Стратегии формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года».

акты и документы, в том числе документы Всемирной организации здравоохранения в области здоровьесбережения.

Целью исследования является выявление факторов, направленных на формирование ЗОЖ и профилактику неинфекционных заболеваний у населения современной России, с целью повышения уровня здоровья, культуры и медицинской грамотности, приобщения к занятиям физической культурой и спортом, в целях создания здорового (благополучного) общества. Для достижения этой цели были поставлены задачи с использованием теоретических и эмпирических методов исследования (анализ научной и методической литературы по основным проблемам исследования, наблюдение за городской средой):

- выявить факторы образа жизни, показатели и критерии здорового образа жизни;
- определить степень влияния различных факторов на здоровый образ жизни российской молодежи; его ключевые особенности;
- проанализировать и обобщить теоретические подходы к изучению качества жизни и здорового образа жизни;
- определить влияние социальных институтов и социализирующих агентов на формирование ЗОЖ как важнейшего условия повышения здоровья и качества жизни.

В соответствии со стратегическими задачами по охране здоровья граждан РФ, оздоровлению окружающей биосоциальной среды необходимо внедрение дополнительных государственных и общественных мер, направленных на:

- строительство современных стадионов, так как стадион выступает в качестве ключевого элемента системы физкультурно-спортивных сооружений, предназначенных для учебной, тренировочной и демонстрационной работы по различным видам спорта и общественных мероприятий;
- создание системы любительских командных игр (футбол, волейбол, баскетбол, хоккей) через спортивные федерации, создание доступных локальных спортивных площадок, тем самым все любительские клубы смогут иметь свои базы, субсидируемые правительством;
- совершенствование медико-профилактического (гигиенического) и биоэкологического образования и воспитания граждан РФ, внедрение соответствующих образовательных программ в учреждения образования по соблюдению правил гигиены труда, режима труда и отдыха, режима и структуры питания, своевременного обращения за медицинской помощью и иных норм поведения, поддерживающих здоровье, в том числе репродуктивное;
- создание системы мер по борьбе с вредными привычками (злоупотребление алкоголем, табакокурение, наркомания и др.), включающей просвещение и информирование населения о негативном влиянии на здоровье табачного дыма, алкоголя, курительных смесей, энергетиков, регулирование и раскрытие состава табачных изделий и алкогольной продукции и предоставление полных сведений о составе на упаковке, защита некурящих от воздействия табачного дыма, ограничение табакокурения и употребления алкоголя в общественных местах, регламентирование размещения мест продажи алкогольных напитков, табака и порядка их реализации, а также ценовые и налоговые меры;
- создание системы мотивирования населения к ведению ЗОЖ и участию в профилактических мероприятиях (донозологическая диагностика), в первую очередь посредством популяризации уклада и стиля жизни, направленного на популяризацию культуры здоровья, внедрение профилактической системы медицинского обеспечения граждан; ведение разъяснительной работы о важности профилактики заболеваний и необходимости своевременной диспансеризации;
- создание системы мотивирования работодателей к участию в охране здоровья трудового контингента посредством стимулирования их к ведению ЗОЖ через премирование, выдачу путевок на санаторно-курортное лечение, установление льгот по страховым взносам на обязательное медицинское и социальное страхование и др.;
- профилактику у населения факторов риска неинфекционных заболеваний (артериальное давление, неправильное питание, гиподинамия и т.д.);
- создание системы мотивирования всех руководителей к участию в охране здоровья работников и членов их семей.

Концепция модели формирования здорового образа жизни и профилактики неинфекционных заболеваний<sup>1</sup> — Единая профилактическая среда.

I. Формирование здорового образа жизни (цель — выявление факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье, профилактика нарушений здоровья населения):

<sup>1</sup> [https://gnicpm.ru/wp-content/uploads/2020/01/tvyakovleva\\_ekaterinburg\\_prezentacziya.pdf](https://gnicpm.ru/wp-content/uploads/2020/01/tvyakovleva_ekaterinburg_prezentacziya.pdf).

1) Элемент модели — информирование населения о факторах риска и мотивирование к ведению здорового образа жизни (работодатели, общественные учреждения и организации, медицинские работники, СМИ, радио, кино и телевидение, интернет):

– информирование населения о факторах риска здоровью, о негативных последствиях для здоровья вредных привычек (табакокурения, алкогольной зависимости, малоподвижного образа жизни);

– мотивирование населения к ведению здорового образа жизни (премирование и поощрение — грамоты, ценные подарки, авто-, мото- и бытовая техника, спортивная одежда, обувь, спортивный инвентарь, палатки, лодки, размещение фото на доску почета и др.).

2) Элемент модели — обеспечение условий для ведения здорового образа жизни населения (министерства и ведомства, администрация регионов, городов и областей, муниципалитеты, работодатели, общественные и спортивные организации):

– строительство новых современных спортивных сооружений, строительство новых школьных стадионов с отапливаемыми залами, свободным входом и квалифицированными тренерами;

– приобщение населения к здоровому образу жизни, участию в физкультурно-оздоровительных и спортивно-массовых мероприятиях, спортивных праздниках (Мама, папа, я — спортивная семья!), выделение времени и денежных квот на посещение бассейнов, стадионов, спортивную одежду, обувь и спортивный инвентарь;

– стимулирование населения к творческой активности (посещение театров, музеев, дворцов культуры по направлениям и интересам), ведению рационализаторской и изобретательской работы.

II. Профилактика неинфекционных заболеваний в рамках системы здравоохранения (цель — выявление факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье, профилактика нарушений здоровья населения):

3) Элемент модели — диспансеризация и профилактические осмотры:

– оценка состояния индивидуального здоровья и информирование населения о состоянии здоровья (министерство здравоохранения: поликлиники, больницы, фельдшерско-акушерские пункты, смотровые кабинеты, медицинские работники);

– показатели состояния здоровья (уровень артериального давления, частота сердечных сокращений, частота дыхательных движений, данные анализов клинических исследований, рентгенологическое исследование);

– основные критерии (наличие или отсутствие на момент обследования хронических заболеваний, уровень достигнутого физического и нервно-психического развития, состояние основных систем организма — дыхательной, сердечно-сосудистой, выделительной, нервной, степень сопротивляемости организма внешним факторам).

4) Элемент модели — диспансерное наблюдение:

– активное наблюдение (регулярный контроль) за состоянием индивидуального здоровья лица, находящегося на диспансерном учете (на диспансерный учет ставятся лица: с определенными хроническими заболеваниями (неинфекционными и инфекционными), с высоким риском развития заболеваний, приводящих к инвалидности и смерти, перенесшие тяжелые болезни и нуждающиеся в реабилитации, страдающие функциональными расстройствами), его осмотр и обследование по плану, амбулаторное лечение предусматривает проведение врачебных осмотров и специальных исследований (рентгенологических, лабораторных и др.) с периодичностью, зависящей от характера заболевания и/или уровня компенсации нарушений здоровья у данного лица или от особенностей условий его труда (врачи-специалисты — поликлиник, больниц).

5) Элемент модели — профилактика неинфекционных заболеваний в санаторно-курортных организациях:

– коррекция факторов риска неинфекционных заболеваний, в том числе углубленное профилактическое консультирование (врачи-специалисты профильных отделений);

– помощь по отказу от табакокурения, в том числе медикаментозное лечение при тяжелой зависимости (кабинет по отказу от табакокурения);

– психологическая (психотерапевтическая) поддержка в коррекции факторов риска, в том числе профилактическое консультирование (кабинет психологической (психотерапевтической) помощи).

Первостепенное значение в формировании культуры ЗОЖ у населения на уровне субъекта РФ имеет реализация 1 и 2 элементов модели:

- информирование и мотивирование населения к ведению ЗОЖ (средства массовой информации, культуры, физкультурные и образовательные учреждения);
- доступность качественной и здоровой пищи (супермаркеты, продуктовые специализированные магазины, детские сады, школы, вузы, трудовые коллективы в организациях и учреждениях разных форм собственности);
- условия для занятий физической культурой и спортом (физкультурно-оздоровительные комплексы, стадионы, бассейны, парки и скверы, оборудованные пешеходными и велосипедными дорожками);
- отказ от вредных, негативно влияющих на здоровье привычек (табакокурение, злоупотребление алкоголем, переедание, гиподинамия и др.);
- комфортные жилищно-бытовые условия и благоустройство придомовых и парковых территорий (градостроительная политика, своевременный ремонт);
- благоприятная экология (чистые населенные пункты: воздух, почва, вода).

Результатом исследования являются практические рекомендации, направленные на внедрение системы государственных и общественных мер в российском обществе, способствующих формированию культуры ЗОЖ, что позволит сохранить и укрепить здоровье населения через привитие сильнейшей мотивации всем членам общества быть здоровыми, на основе приобщения к общественно полезному труду и на основе формирования мотиваций базиса здоровья с целью передачи его следующим поколениям.

С целью реализации 3, 4 и 5 элементов модели (профилактика неинфекционных заболеваний) необходима качественная подготовка и повышение квалификации кадров в области профилактической медицины и формирования здорового образа жизни:

- сотрудники центров медицинской профилактики, врачи центров здоровья, сотрудники отделений/кабинетов медицинской профилактики — включение современных вопросов по гигиеническому воспитанию и формированию здорового образа жизни, профилактике социально значимых инфекционных и неинфекционных заболеваний в учебные программы дополнительного профессионального образования специалистов;
- врачи и средние медицинские работники, в том числе терапевты, врачи общей практики (семейные врачи) — вопросы профилактической медицины и формирования здорового образа жизни реализуются при подготовке врачей всех специальностей, работающих в первичном звене здравоохранения и стационарах разного уровня, а также организаторов здравоохранения и госсанэпидслужбы, преподавателей высшей школы и средних специальных учебных заведений;
- студенты (курсанты) — обучение в образовательных организациях высшего образования и среднего профессионального образования в рамках ФГОС+++ высшего и среднего профессионального образования по вновь разработанным разделам (модулям) учебных (рабочих) программ по формированию ЗОЖ и медицинской профилактики. Вопросы профилактики по отдельным нозологиям нашли отражение в специальных разделах учебных планов по соответствующим медицинским, педагогическим и инженерным специальностям и направлениям подготовки, в том числе издание материалов научных статей, учебных пособий и монографий в рамках до- и постдипломной подготовки [1–5].

*Вывод.* В нашем исследовании установлены существующие противоречия между потребностью формирования принципов ЗОЖ и внедрением этих принципов и условий в повседневную жизнедеятельность отдельных категорий населения (детей, подростков, трудоспособного населения, пожилых людей). До настоящего времени наблюдается низкая социальная мотивация у населения к сохранению и укреплению здоровья, а также имеет место недостаточная проработанность общего методологического подхода (систем, форм, методов и способов действий) к определению основных стратегических позиций в сохранении и укреплении здоровья граждан РФ. В настоящее время для оздоровления российского общества требуется дополнительная научная разработка и воплощение социальной государственной и культурной политики в области охраны здоровья населения, в том числе вспомогательной работы через СМИ, направленной на повышение культуры, медицинской грамотности и мотиваций граждан к ведению ЗОЖ.

## Литература

1. *Дорофеев, С.Б.* Общие методические подходы, определяющие стратегические позиции в формировании здорового образа жизни населения / С.Б. Дорофеев, А.И. Бабенко // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. — 2017. — Т. 25, № 1. — С. 7–13.

2. Жолус, Б. И. Я верю в гигиену / Б.И. Жолус // Вестн. воен. образования. — 2019. — № 2(17). — С. 64–68.

3. Кузнецов, С.М. Пути формирования здоровой личности на этапе получения профессионального образования / С.М. Кузнецов, О.А. Савченко // Мы выбираем здоровье (пути формирования здоровой личности на этапе получения профессионального образования): сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., г. Омск, 22 апреля 2017 г. — Омск: Изд-во ОмГМУ, 2017. — С. 51–63.

4. Савченко, О.А. Сохрани и приумножь, или Искусство быть здоровым / О.А. Савченко. — СПб; Омск: Изд-во Омского автобронетанкового инженерного ин-та, 2017. — 133 с.

5. Основы гигиенических знаний и здорового образа жизни: учебное пособие / О.А. Савченко [и др.]. — Омск: Изд-во ОмГА, 2021. — 143 с.

Поступила 02.09.2022

## **ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННОГО С КАЧЕСТВОМ ВОД ИЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗВИТОЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ**

*Рахматуллина Л.Р., lilianarahmatullina@yandex.ru,*

*Сулейманов Р.А., д.м.н., raf52@mail.ru,*

*Валеев Т.К., к.б.н., valeevtk2011@mail.ru,*

*Бактыбаева З.Б., к.б.н., baktybaeva@mail.ru,*

*Рахматуллин Н.Р., к.м.н., rnrnii@mail.ru,*

*Рафиков С.Ш., raf\_777mail.ru@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Среди промышленных городов Республики Башкортостан наибольшей нагрузке химическими соединениями в питьевой воде подвержены: Стерлитамак, Салават, Благовещенск, Туймазы и Уфа. Согласно проведенным исследованиям, в этих городах суммарный канцерогенный риск для здоровья населения определен на неприемлемом уровне ( $2,1-7,0 \times 10^{-4}$ ) [1].

Город Стерлитамак является крупным промышленным центром, где развиты нефтехимическая, химическая, машиностроительная, легкая промышленность и т.д. Проведение гигиенической оценки факторов среды обитания и рисков для здоровья населения в условиях развитой многопрофильной промышленности позволяет выявить приоритетные соединения и принять комплекс управленческих решений по оздоровлению среды обитания и населения [2].

Целью настоящего исследования явилась оценка риска здоровью населения г. Стерлитамак, связанного с качеством питьевых вод из систем централизованного водоснабжения.

Для исследования были использованы материалы лабораторий РАЦККВ АО «Башкоммунводоканал», ФБУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан» за 2016–2020 гг. Проанализировано 22 показателя в питьевой воде двух основных водозаборов (Берхомут и Ашкадарский), среди которых 18 санитарно-химических и 4 микробиологических показателя. Оценка риска проведена с соблюдением условий и требований Руководства 2.1.10.1920–04 [3]. Данные о численности населения города взяты из Федеральной службы государственной статистики [4].

Анализ лабораторных данных за 2016–2020 гг. показал, что вода, подаваемая населению г. Стерлитамак, не соответствует гигиеническим нормативам. Обнаружено превышение предельно допустимых концентраций по санитарно-химическим показателям (фенола до 1,7 раза в Ашкадарском водозаборе), а также выявлено присутствие в питьевой воде солей тяжелых металлов и продуктов трансформации (тригалогенметанов), что связано с антропогенным фактором (развитая нефтехимическая и химическая промышленность; обеззараживание питьевой воды препаратами хлора и т.д.). Отклонений по остальным показателям, в том числе и микробиологическим, в питьевой воде водозаборов не выявлено.

Оценка неканцерогенных рисков при употреблении питьевой воды г. Стерлитамака приведена в таблице 1. Индексы опасности по всем органам и системам не превышают уровень допустимого риска ( $< 1,0$ ), следовательно, не представляют угрозу для здоровья населения. Отметим, что наибольшие индексы опасности получены со стороны почек ( $HI=0,276-0,353$ ), печени ( $HI=0,276-0,315$ ),

ЦНС (HI=0,111–0,158), гормональной системы (HI=0,116–0,201) и биохимических изменений (HI=0,113–0,139).

Таблица 1 – Уровни неканцерогенного риска (индексы опасности), связанные с качеством питьевой воды г. Стерлитамак

Органы и системы	Неканцерогенный риск	
	РЧВ водозабора Берхомут	РЧВ Ашкадарского водозабора
ЦНС	0,111	0,158
ССС	0,057	0,052
ЖКТ	0,00012	0,00024
Костная система	0,018	0,083
Гормональная система	0,116	0,201
Иммунная система	0,0571	0,0571
Репродуктивная система	0,0967	0,0967
Селезенка	0,1	0,001
Поджелудочная железа	0,077	0,061
Почки	0,276	0,353
Печень	0,276	0,315
Кровь	0,096	0,143
Б/х изменения	0,113	0,139
Развитие плода	0,0821	0,0822
Рак	0,021	0,021
Волосы	0,01	0,001
Кожа	0,031	0,022

Уровни индивидуальных канцерогенных рисков для населения (таблица 2) не превышают допустимый уровень риска по всем соединениям. Суммарный канцерогенный риск для населения, использующего воду водозаборов Берхомут и Ашкадарский, соответствует неприемлемому уровню риска для здоровья населения (более одного случая на 10 000 населения) преимущественно за счет свинца (6,74–7,4%), бенз(а)пирена (48,91–59%), бромдихлорметана (2,3–7,75%) и дибромхлорметана (13–36,02%). Популяционные канцерогенные риски для населения, использующего воду из водозаборов Берхомут и Ашкадарский, составили 42 и 39 случаев соответственно.

Таблица 2 – Уровни канцерогенного риска, связанные с качеством питьевой воды г. Стерлитамак

№	Показатель	Канцерогенный риск	
		РЧВ водозабора Берхомут	РЧВ Ашкадарского водозабора
1	Свинец	1,01E-05	1,01E-05
2	Кадмий	1,14E-06	8,13E-06
3	Бенз(а)пирен	7,3E-05	8,03E-05
4	Хлороформ	8,54E-07	3,72E-06
5	Тетрахлорметан	7,02E-06	5,59E-06
6	Бромдихлорметан	3,41E-06	1,05E-05
7	Дибромхлорметан	5,38E-05	1,76E-05
Суммарный канцерогенный риск		1,5E-04	1,36E-04
Популяционный канцерогенный риск (на 279 329 чел.)		41,68	38,98

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о существующей опасности для здоровья населения г. Стерлитамак в связи с присутствием в питьевой воде централизованного водоснабжения перечня соединений, обладающих канцерогенными свойствами. Так, суммарные канце-

рогенные риски для здоровья населения превышают допустимый уровень за счет присутствия в питьевой воде тяжелых металлов и тригалогенметанов. Отметим, что в питьевой воде Ашкадарского водозабора необходимо применение дополнительных методов водоочистки для снижения концентрации фенола.

### Литература

1. Оценка риска здоровью детей в городах Республики Башкортостан / И. М. Байкина [и др.] // Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения: материалы 2-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. Г. Г. Онищенко, Н. В. Зайцевой. — Пермь: Книжный формат, 2011. — С. 126–130.
2. Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения нефтедобывающих территорий, связанного с употреблением питьевых вод / Т. К. Валеев [и др.] // Медицина труда и экология человека. — 2016. — № 2. — С. 25–32.
3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: руководство Р 2.1.10.1920–04. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://bashstat.gks.ru/>. — Дата доступа: 02.09.2022.

Поступила 12.09.2022

## РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК ОДНО ИЗ ОСНОВНЫХ КОРРЕКТИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО НАДЗОРА

*Руфкин А. В., [ocge@mail.grodno.by](mailto:ocge@mail.grodno.by),  
Фелькина Н. И.,  
Руфкина М. М.*

Государственное учреждение «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Гродно, Республика Беларусь

Современная политика государства направлена на либерализацию взаимоотношений в сфере предпринимательства и совершенствование деятельности контролирующих органов. Наряду с укреплением всеобщей тенденции к снижению контрольной (надзорной) нагрузки на субъект хозяйствования, а также к оптимизации использования трудовых и организационных ресурсов, необходимых для проведения данных мероприятий, особую актуальность приобретает совершенствование механизма контрольно-надзорной деятельности.

Государственный санитарный надзор в Республике Беларусь осуществляется в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» от 16.10.2009 № 510 и Декретом Президента Республики Беларусь «О развитии предпринимательства» от 23.11.2017 № 7. Для того, чтобы органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарный надзор, максимально эффективно реализовывали свои полномочия в современных условиях, необходимо выстраивать оптимальную систему взаимодействия с проверяемыми ими субъектами. Данное взаимодействие в Республике Беларусь основывается на принципах презумпции добросовестности субъектов хозяйствования, т. е. все субъекты хозяйствования относятся к проявляющим добросовестность исполнения требований законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия, пока не доказано обратное, а также снижения вмешательства государственных органов в предпринимательскую и иную экономическую деятельность субъектов и приоритетной направленности работы контролирующих (надзорных) органов на профилактику правонарушений [1].

С целью выполнения требований действующего законодательства санитарно-эпидемиологической службой Гродненской области активно применяются корректирующие мероприятия по осуществлению государственного санитарного надзора с учетом риск-ориентированного подхода и складывающейся кадровой ситуации.

Корректирующие мероприятия — мероприятия, разрабатываемые на основании полученных показателей оперативной активности и результативности государственного санитарного надзора с целью минимизации проверочной нагрузки на субъекты хозяйствования в рамках совершенствования госнадзора [2].

Риск-ориентированный подход (надзор) — комплекс мероприятий, проводимый контролирующим (надзорным) органом в целях определения степени риска субъектов хозяйствования для планирования проведения выборочных проверок, профилактических (предупредительных) мероприятий. Использование данного подхода направлено не только на признание существования рисков, но и на управление ими.

В практической деятельности санитарно-эпидемиологической службой используется алгоритм осуществления риск-ориентированного надзора в соответствии с методикой формирования системы оценки степени риска, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28.01.2018 № 43, которая включает в себя несколько этапов.

**Первый этап.** Выявление риска.

Риск — это возможность нарушения субъектами законодательства. Любое нарушение субъектом санитарно-эпидемиологических требований считается риском для санитарно-эпидемиологического благополучия.

**Второй этап.** Определение субъектов хозяйствования с риском.

Отбор субъектов хозяйствования с рисками осуществляется специалистами центров гигиены и эпидемиологии в ходе проведения надзорных мероприятий за выполнением требований законодательства, осуществления мер профилактического и предупредительного характера; по результатам предоставленных субъектами данных по контрольному списку вопросов (чек-листу); при поступлении обращений граждан о фактах нарушения санитарно-эпидемиологических требований, в ходе анализа выполнения производственного, в том числе лабораторного, контроля и т. д. [3].

**Третий этап.** Определение и разработка критериев оценки степени риска.

Критерии оценки представляют собой совокупность признаков, свидетельствующих о возможности нарушений субъектом законодательства, и разрабатываются с учетом специфики сферы, в которой осуществляется контроль (надзор). Определение критериев оценки осуществляется в соответствии с Постановлением заместителя Министра — Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 06.11.2018 № 100 «О некоторых вопросах организации государственного санитарного надзора», Приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16.05.2019 № 582 «Об определении критериев степени риска для отбора проверяемых субъектов при проведении выборочной проверки». Каждому критерию оценки степени риска присваиваются баллы и обозначения. При этом большее количество баллов присваивается критериям, которые в большей мере характеризуют риск или учитывают большую величину потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения субъектом обязательных требований законодательства [4].

К данным критериям могут относиться следующие.

I. Общие критерии для всех видов деятельности.

1.1. Количество работающих (до 3 человек — 7 баллов, от 4 до 15 — 8 баллов, более 15 — 10 баллов).

1.2. Размещение субъекта (объекта, помещений) (здание специально спроектировано — 0 баллов, размещение в приспособленном здании/помещении — 5 баллов).

1.3. Организация и осуществление производственного контроля за последние 3 года (отсутствие программы производственного контроля/не выполняется — 10 баллов, программа разработана/выполняется не в полном объеме — 7 баллов, программа разработана/выполняется в полном объеме — 0 баллов).

1.4. Наличие аварийных ситуаций в системе инженерной инфраструктуры (наличие — 10 баллов, отсутствие — 0 баллов).

1.5. Наличие информации о несоответствии установленным санитарно-эпидемиологическим требованиям продукции, питьевой воды, смывов с объектов внешней среды и/или несоответствие уровней факторов производственной среды установленным гигиеническим нормативам по результатам лабораторных исследований (за последние 3 года) (наличие — 10 баллов, отсутствие — 0 баллов).

1.6. Прохождение работающими обязательных медицинских осмотров и гигиенического обучения в случаях и в порядке, предусмотренном законодательством (наличие — 0 баллов, отсутствие — 10 баллов, не в полном объеме — 5 баллов).

1.7. Информация о случаях (подозрении) инфекционных и/или паразитарных заболеваний, групповых инфекционных заболеваний или пищевых отравлений, педикулеза, связанных с деятельностью субъекта, для промышленных объектов — регистрация случаев профессиональных заболе-

ваний за последние 5 лет или выявление лиц с подозрением на профессиональное заболевание по результатам последнего периодического медицинского осмотра (связанное с деятельностью объекта) (наличие — 10 баллов, отсутствие — 0 баллов).

1.8. Санитарно-техническое состояние зданий и помещений, оборудования и инвентаря (соответствует — 0 баллов, не соответствует — 10 баллов).

1.9. Наличие обоснованных обращений (2 и более) о несоблюдении субъектом законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия в течение последних 3 лет (наличие — 10 баллов, отсутствие — 0 баллов).

1.10. Наличие сведений о нарушениях законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения по результатам надзорных мероприятий за последние 3 года (степень потенциального риска нарушений (выраженный риск, средняя степень риска, риск не выражен или выражен слабо) определяется по результатам заполнения чек-листа и ранжирования выявленных нарушений) (выраженный риск — 10 баллов, средней степени — 8 баллов, риск не выражен — 5 баллов).

II. Дополнительные критерии (по разделу «Гигиена питания»).

2.13. Для объектов общественного питания (деятельность на базе объекта — 10 баллов, в нестационарных объектах — 7 баллов, деятельность без приготовления пищи — 4 балла).

2.13.1. Условия для хранения и реализации продовольственного сырья и пищевых продуктов (наличие — 0 баллов, отсутствие — 10 баллов).

2.13.2. Условия для соблюдения последовательности (поточности) технологических процессов, обеспечивающей безопасность производимой продукции (наличие — 10 баллов, отсутствие — 0 баллов).

2.14. Для объектов торговли (торговля на базе объекта — 10 баллов, в нестационарных — 7 баллов, торговля ограниченного ассортимента — 4 балла).

2.14.1. Наличие в обращении продовольственного сырья и пищевых продуктов с истекшими сроками годности (наличие — 10 баллов, отсутствие — 0 баллов).

2.14.2. Условия для хранения и реализации продовольственного сырья и пищевых продуктов (наличие — 0 баллов, отсутствие — 10 баллов).

Информация о критериях, используемых в риск-ориентированом надзоре, размещается в общем доступе на официальных сайтах центров гигиены и эпидемиологии в глобальной компьютерной сети Интернет.

**Четвертый этап.** Оценка степени риска.

Оценка осуществляется в отношении каждого субъекта, включенного в реестр и находящегося на надзоре, по каждому разработанному критерию с присвоением баллов (таблица 1).

Таблица 1 — Пример проведения оценки степени риска контролирующим (надзорным) органом

№ п/п	Субъекты, состоящие на надзоре	Критерии оценки степени риска															Итого (сумма баллов)	
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.13	2.13.1	2.13.2	2.14	2.14.1		2.14.2
1	Иванов И.И.	7	5	7	10	0	0	10	0	0	5	10	0	0	10	10	0	74
2	Иванов И.В.	7	5	10	0	0	10	0	0	10	5	10	0	0	10	10	0	77
3	Иванов И.П.	8	5	0	0	10	5	0	0	0	8	7	0	0	7	0	0	50
4	Иванов И.Д.	10	7	10	10	0	5	0	0	10	10	4	0	10	4	0	0	80
Общая сумма баллов																		281
Индикаторный показатель																		70,3

В ходе оценки выполнения субъектами хозяйствования требований законодательства выявляется индикаторный показатель, представляющий собой уровень риска, превышение которого свидетельствует о высокой степени риска нарушения субъектом.

**Пятый этап.** Анализ дополнительной информации, имеющейся в распоряжении контролирующего (надзорного) органа, о субъектах с высокой степенью рисков (предоставленные субъектами заполненный контрольный список вопросов (чек-лист), данные, полученные в ходе осуществления мер предупредительного (профилактического) характера).

**Заключительный этап.** Полученные результаты риск-ориентированного надзора позволяют сформировать группы (реестры) субъектов хозяйствования в зависимости от степени риска, которые в последующем используются при планировании государственного санитарного надзора:

- выборочных проверок;
- мониторингов;
- мероприятий технического (технологического, поверочного) характера;
- семинаров, учеб, тренингов, круглых столов и др.

Таким образом, риск-ориентированный подход — новая модель подхода к проведению контрольно-надзорных мероприятий, имеющая цель обеспечить эффективность и большую концентрированность на «рисковых» объектах субъектов хозяйствования, формирующих наибольший потенциальный риск для жизни и здоровья населения, находящегося под их воздействием, а также минимизировать вмешательство контрольных (надзорных) органов в предпринимательскую и экономическую деятельность, изучать возможности выявления или устранения нарушений санитарно-эпидемиологических требований иными формами государственного санитарного надзора.

## Литература

1. О развитии предпринимательства [Электронный ресурс]: Декрет Президента Республики Беларусь 23.11.2017 № 7. — Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/dekret-7-ot-23-noj-abrja-2017-g-17533>. — Дата доступа: 02.09.2022.
2. О методике формирования системы оценки степени риска [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь 22.01.2018 № 43. — Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/C21800043\\_1516827600.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/C21800043_1516827600.pdf). — Дата доступа: 02.09.2022.
3. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Республики Беларусь 16.10.2009 № 510. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p30900510>. — Дата доступа: 02.09.2022.
4. Об определении критериев оценки степени риска для отбора проверяемых субъектов при проведении выборочной проверки [Электронный ресурс]: приказ М-ва здравоохранения Республики Беларусь 16.05.2019 № 582. — Режим доступа: [http://www.cgevtb.by/files/files/imce/582\\_prikaz\\_po\\_kriteriyam\\_0.pdf](http://www.cgevtb.by/files/files/imce/582_prikaz_po_kriteriyam_0.pdf). — Дата доступа: 02.09.2022.

Поступила 12.09.2022

## РИСКОМЕТРЫ СТАРЕНИЯ

*Савченко О. А., к. б. н., savchenkooa1969@mail.ru,  
Новикова И. И., д. м. н., профессор, novikova\_ii@niig.su,  
Чуенко Н. Ф., natali.01.26.1983@yandex.ru,  
Александрова Д. А., aleksandrova\_da@niig.su,  
Одарченко И. В., irina-ariseha@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Новосибирск, Россия

Актуальность исследования предопределена национальными целями и стратегическими задачами развития страны на период до 2024 г.<sup>1</sup>, связанными с повышением качества и продолжительности активной жизни трудового контингента, профилактикой вредных привычек. В ходе работы целевому анализу были подвергнуты факторы, способствующие старению организма (производственной среды, генетические и эпигенетические, патологические, экзогенные). На основании полученных результатов были установлены рискометры биологического старения, направленные на выявление и предотвращение негативных изменений здоровья трудового контингента, старения, продление трудового долголетия и повышение качества жизни.

<sup>1</sup> Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями).

Старение является нормальным физиологическим и биологическим процессом, сопровождающимся постепенным ухудшением всех функций и систем для большинства живых организмов. Продолжительность жизни человека определяется множеством факторов, в том числе генетическими, экологическими и профессиональными [1].

Старение является необратимой остановкой роста и развития клеток, которая происходит в ответ на повреждающие стимулы, такие как повреждение дезоксирибонуклеиновой кислоты (далее — ДНК), укорочение и дисфункция теломер, онкогенный стресс, приводящий к подавлению потенциально дисфункциональных, трансформированных или стареющих клеток. Клеточное старение характеризуется необратимой остановкой клеточного цикла, уплощенной и увеличенной морфологией клеток, устойчивостью к апоптозу, изменением экспрессии генов и структуры хроматина, экспрессией маркеров старения (например,  $\beta$ -галактозидаза (SA- $\beta$ -gal)) и приобретением секреторного фенотипа, связанного со старением (SASP) [2]. При старении в организме развиваются морфологические и функциональные изменения, сходные с теми, которые наблюдаются при стрессе. Стрессорное воздействие вовлекает в ответ все защитные системы организма: белки теплового шока, врожденный и приобретенный иммунитет, систему гемостаза и антиоксидантную систему. В то же время на стресс реагируют белки «молодости» (GDF11, TIMP-2, MANF, NGF, FGF, NAMPT, ирисин) и «старости» (CCL11, GDF15, JAM, алармин-1,  $\beta$ 2-микроглобулин). Процесс старения представляет собой затянувшийся хронический стресс, который приводит к полному истощению единой гуморальной защитной системы (ЕГЗС) [3].

В настоящее время выделяют 5 основных теорий старения.

1) *Молекулярно-генетическая теория*. Спонтанное накопление «вредных» мутаций или же под воздействием внешних факторов (стрессов, инфекций). Если мутаций накапливается слишком много, это приводит к гибели клеток.

2) *Токсическое воздействие свободных радикалов*. Избыток свободных радикалов приводит к старению, при этом скорость возрастной деградации зависит от количества фермента супероксиддисмутазы, нейтрализующего свободные радикалы.

3) *Самоуничтожение клеток (апоптоз)*. В онтогенезе процессы обновления клеток снижаются, в результате вновь образованных клеток в организме становится меньше, чем погибших, что приводит к развитию старения.

4) *Укорочение теломер* (длина теломер — один из способов определения биологического возраста). При каждом делении клеток теломерные участки укорачиваются. В определенный момент длина теломер становится критической, клетки перестают делиться и в некоторых случаях отмирают приблизительно после 50 делений и проявляют признаки старения при приближении к этой границе (предел или лимит Леонарда Хейфлика, 1965 г.).

5) *Нейроэндокринная теория*. В результате накопления токсических продуктов обмена в головном мозге постепенно утрачиваются мозговые функции, так как снижаются уровни многих гормонов, регулирующих функции организма, что постепенно приводит к деградации и старению.

В совокупности эти теории показывают, что в процесс старения вовлечены многочисленные факторы, но снижение эндокринной функции, по-видимому, играет приоритетную роль в процессе старения. Не вызывает сомнения, что старение клеток центральной нервной системы влияет на физиологический контроль всего организма, включая снижение или изменение функции эндокринной системы, что, в свою очередь, определяет ускоренное старение центральной нервной системы (далее — ЦНС).

В качестве рабочей, системной гипотезы старения нами принято, что «старение» возникает вследствие нарушений нейрогуморальных реакций и обменных процессов в гипоталамо-гипофизарной системе, в результате снижается выработка половых гормонов, происходит замедление скорости передачи нервного импульса в химических и электрических синапсах, что приводит к снижению тонуса и объема мышечной массы, а вымывание кальция из трубчатых и губчатых костей скелета ведет к развитию остеопороза и старения. Хронический бытовой и профессиональный стресс провоцирует преждевременное и нерегулируемое старение на уровне гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. За выделение стероидных гормонов отвечает гипофиз, продуцирующий в кровь кортикотропин, который оказывает стимулирующее воздействие на кору надпочечников. Эффекты природных стероидных гормонов коры надпочечников глюкокортикостероидов (кортизол, кортизон, кортикостерон — влияют на метаболизм углеводов, белков и жиров, тормозят воспалительные процессы, необходимы для преодоления стресса) и надпочечниковых андрогенов (дегидроэпиандростерон и его сульфат; ДГЭА — его функции в организме недостаточно изучены, но под его воздействием происходит выработка 27 других гормональных элементов эндокринной системы, и предполагается, что он способен уменьшить количество жировых тканей в организме, повысить

выработку энергии, нормализовать гормональный баланс, повысить стрессоустойчивость, улучшить функционирование сердечно-сосудистой системы, предотвратить процессы биологического старения клеток организма, снизить уровень «вредного» холестерина в крови и благодаря этому снизить риск развития атеросклеротической болезни сосудов и продлить молодость) резко противоположны. Кортизол (гормон стресса) способствует гибели и дегенерации нейронов, особенно в ночное время и с возрастом, нарушается регуляция ингибирования секреции ГК по отрицательной обратной связи, кроме того, он регулирует выброс адреналина в кровь, стабилизирует реакцию организма на стресс, нормализует метаболизм глюкозы, повышает тонус стенок кровеносных сосудов и активизирует иммунный ответ. В результате нарушений обменных процессов в митохондриальной дезоксирибонуклеиновой кислоте (мтДНК — находится внутри митохондрий, то есть органелл эукариотических клеток, ответственных за клеточный процесс окислительного фосфорилирования) происходит накопление мутаций из-за накопления активных форм кислорода и снижения производства энергии в клетках, что, в свою очередь, приводит к увеличению скорости повреждения ДНК и белков дифференцированных клеток. Старение центральной нервной системы влияет на физиологические функции всего организма, включая изменение (снижение или дисбаланс) функции эндокринной системы, что, в свою очередь, будет приводить к дальнейшему старению организма. Перспективами борьбы со старением мозга являются редактирование гена теломеразы в нервных стволовых клетках и применение лекарственных препаратов, разработанных на основе янтарной кислоты и пептидов мозга.

Авторами предполагается, что биомаркером старения соматических клеток являются длина теломер (TL — рост клеток при достижении порогового предела ограничивается, и возникает клеточное старение или апоптоз) и скорость укорочения теломер. Мощным предиктором продолжительности жизни вида является не только начальная длина теломер, но и критическое укорочение теломер с последующим началом повреждения теломерной ДНК. Концы хромосом укорачиваются при каждом раунде деления клеток, и считается, что на этот процесс могут влиять в том числе и факторы трудового процесса. Профессиональные опасности могут изменять гомеостаз длины теломер, что приводит к повреждению ДНК, абберации хромосом, мутациям, эпигенетическим изменениям и воспалению. Поэтому для защиты генетического материала природа предоставила уникальную нуклеопротеиновую структуру, известную как теломеры [4].

Укорочение теломер является хорошо известной отличительной чертой как клеточного старения, так и старения организма. Ускоренная скорость истощения теломер также является общей чертой возрастных заболеваний. Поэтому TL долгое время признавалась одним из лучших биомаркеров старения. Недавние результаты исследований показывают, что TL как таковой может позволить только приблизительную оценку скорости старения и вряд ли может рассматриваться как клинически важный маркер риска возрастных патологий и смертности. Получены доказательства того, что другие показатели, такие как определенные иммунные параметры, показатели эпигенетического возраста, при совместном определении могут быть более выраженными предикторами состояния здоровья и риска хронических заболеваний. Однако, несмотря на эти проблемы и ограничения, TL остается достаточно информативным маркером в доступе к биологическому возрасту при использовании вместе с другими маркерами, такими как индексы гомеостатической дисрегуляции, индекс хрупкости, эпигенетические часы [1].

Старение можно приостановить путем своевременной донозологической диагностики с использованием рискометров старения, своевременным применением генетических, медико-биологических и гигиенических исследований, направленных на активацию теломеразы, улучшение обменных процессов в клетках с использованием лекарственной и гормональной терапии, правильно подобранным «здоровым» питанием, приемом витаминов и микроэлементов, активным образом жизни и физическими упражнениями на открытом воздухе.

К факторам, препятствующим старению, относят генетические и экологические факторы, ведение активного (здорового) образа жизни, рациональное питание, достаточную двигательную активность, отсутствие вредных привычек, своевременную фармакологическую коррекцию (аспирин, мелатонин, депренил, эналаприл, метопролол, рапамицин, янтарная кислота, церебролизин, кортексин, пептиды, активатор теломеразы (ТА-65), ресвератрол, ибупрофен, кофеин), биологические факторы (микроРНК, обратная транскриптаза).

Во всем мире проводятся работы по оценке процессов клеточного старения и биологического возраста работающих [4]. Установлено, что в условиях воздействия неорганической пыли отмечается уменьшение абсолютной длины теломер [4]. Это наиболее ярко выражено у больных профессиональной ХОБЛ, выделен перспективный маркер повышенного риска срыва адаптации организма к воздействию кремниевой пыли и развития профессиональной бронхолегочной патологии [5].

Для обеспечения внедрения результатов научных исследований в клиническую практику предлагаются рискометры, позволяющие визуализировать потенциальный риск преждевременного старения трудового контингента с целью его предотвращения.

К факторам риска, способствующим старению, относят факторы производственной среды, генетические, эпигенетические, патологические и экзогенные факторы.

1) Факторы производственной среды:

- химические (свинец, кадмий, кобальт, мышьяк, угарный газ, пестициды, соединения кремния, кальция и углерода, оксиды железа, магния, марганца и др.);
- биологические (туберкулез, вирусные гепатиты, COVID-19 и др.);
- физические (шум, ультразвук, инфразвук (частота звуковых колебаний, уровень шума), вибрация (частота колебаний и их скорость), неионизирующее излучение (частота электромагнитных излучений), световая среда (коэффициент естественной освещенности)).

2) Генетические и эпигенетические факторы:

- образование свободных радикалов (окислительный стресс);
- накопление повреждений в митохондриальной ДНК (мутации);
- укорочение длины теломер (ограничение числа клеточного деления);
- метилирование и гликозилирование ДНК (модификация молекулы ДНК);
- гиперинсулинемия (нарушение уровней гормона инсулина).

3) Патологические факторы:

- болезнь Альцгеймера (дегенеративное заболевание центральной нервной системы);
- болезнь Паркинсона (поражение экстрапирамидной системы);
- синдром Дауна (хромосомная патология);
- сахарный диабет (нарушение производства или взаимодействия инсулина);
- атеросклероз (поражение сосудов и артерий);

4) Экзогенные факторы:

- табакокурение (влияние табачного дыма и его составляющих, азота, кислорода, углекислого и угарного газа, смол, никотина, нафталина, фенола и крезола, N-нитрозаминов, многокольцевых ароматических углеводородов (арены), аргона, метана, углеводородов, оксид азота, синильной кислоты, аммиака, сероводорода, алкоголей, пиренов, альдегидов, неорганических соединений (никель, свинец), ароматических аминов и др.);

- стресс (нарушения в работе нервной, эндокринной и иммунной систем);
- алкоголизм (хроническая алкогольная интоксикация);
- несоблюдение режима труда и отдыха (бессонница, эмоциональное выгорание);
- несбалансированное, некачественное и нерегулярное питание (нарушения липидного и белкового обмена, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки);
- экологические факторы (влияние наночастиц, взвешенных частиц и загрязняющих веществ).

В настоящее время идут дополнительные исследования на модельных организмах (по изменению длины теломер, морфофункциональным изменениям клеточного и органного состава, поведенческим и другим реакциям), чтобы понять, как предотвратить развитие тех или иных заболеваний, возникающих в результате воздействия неблагоприятных факторов профессиональной деятельности (шум, вибрация), отягощенных влиянием алкоголя, табачного дыма, стресса, с возможностью коррекции процессов старения препаратами на основе янтарной кислоты и пептидов мозга, чтобы приостановить процессы старения, продлить физиологическую активность и творческое долголетие в преклонном возрасте.

Внедрение методики донозологической диагностики, рискометров старения в различные учреждения обеспечит формирование групп риска у трудового контингента, что позволит проводить профилактические мероприятия, направленные на недопущение возникновения и распространения заболеваемости среди работников, что, в свою очередь, повысит показатели эффективности производственной деятельности учреждений и в целом обеспечит поддержание психосоматического здоровья работников, а также будет способствовать повышению качества жизни и трудовому долголетию.

## Литература

1. Василевич, Н.И. Знать врага в лицо: молекулярные маркеры старения / Н.И. Василевич // Лаборатория и производство. — 2020. — № 3–4(13). — С. 118–128.
2. Aging of the cells: Insight into cellular senescence and detection Methods / N.S. Mohamad Kamal [et al.] // European Journal of Cell Biology. — 2020. — Vol. 99, № 6. — P. 151108.

3. Стресс, старение и единая гуморальная защитная система организма. Эпигенетические механизмы регуляции / Б.И. Кузник [и др.] // Успехи физиологических наук. — 2020. — Т. 51, № 3. — С. 51–68.

4. *Shoeb, M. Telomeres in toxicology: Occupational health / M. Shoeb, H. C.S. Meier, J.M. Antonini // Pharmacology & Therapeutics. — 2021. — Vol. 220. — P. 107742.*

5. Клинико-функциональные особенности хронической обструктивной болезни легких в условиях воздействия ненамеренных наночастиц / Е.В. Аникина [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2021. — Т. 20, № S1. — С. 7.

Поступила 02.09.2022

## **КАЧЕСТВО ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКАМИ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

<sup>1</sup> Степанян А. А., *a.stepanian78@gmail.com*,

<sup>1</sup> Исаев Д. С., *d.isaev@s-znc.ru*,

<sup>1</sup> Еремин Г. Б., к. м. н., *yeremin45@yandex.ru*,

<sup>2</sup> Мозжухина Н. А., к. м. н., доцент, *nataposh@mail.ru*

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

По материалам к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2021 г.» в Ленинградской области на долю подземных источников централизованного водоснабжения приходится 94,8 %, при этом активно используется 9 водоносных горизонтов и комплексов. Как показывает анализ материалов территориальных фондов геологической информации Ленинградской области, значительная изменчивость геологического строения и гидрогеологических условий является причиной разнообразия макро- и микрокомпонентного составов подземных вод. В связи с этим представляет интерес изучение качества воды подземных водоносных горизонтов, являющихся источниками питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения Ленинградской области [1–4].

Целью настоящей работы явилась гигиеническая оценка качества воды основных водоносных горизонтов с учетом гидрогеологических особенностей Ленинградской области для совершенствования программ производственного контроля и социально-гигиенического мониторинга качества воды водоисточников.

Материалами исследования были 169 909 лабораторных исследований качества воды используемых водоносных горизонтов в рамках производственного контроля за период 2018–2021 гг. и социально-гигиенического мониторинга за период 2009–2019 гг. Всего было обследовано 728 подземных водоисточников в 389 населенных пунктах 17 районов Ленинградской области. Проанализировано 166 санитарно-эпидемиологических заключений о возможности использования водного объекта в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения на подземные водозаборы Ленинградской области.

Статистический анализ включал определение для каждого водоносного горизонта, вскрываемого изучаемыми скважинами, среднего арифметического, медианы и максимального значения показателей качества воды. В целях объективного анализа значения, не имеющие предметного обоснования, «выскакивающие варианты» были исключены из выборки.

Выполнялась оценка риска здоровью в соответствии с Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Из-за большого количества неопределенностей оценка риска выполнялась одним этапом — идентификацией опасности. Для идентификации опасности, обусловленной хроническим воздействием химических веществ, были выбраны средние величины концентраций.

В таблице 1 приведены показатели, превышающие 1 ПДК, которые определяют качество подземных вод основных водоносных горизонтов на территории Ленинградской области, с указанием среднего арифметического, медианы и максимального значений и выделением превышений гигиенических нормативов.

Таблица 1 — Показатели качества воды, превышающие ПДК в основных водоносных горизонтах и комплексах, с указанием их среднего арифметического, медианы и максимального значений

Горизонты и приуроченные к ним воды	Вещества
Воды трещиноватых пород архей-протерозоя (AR-PR)	Se (0,0029/0,002/ <b>0,02</b> ), Ba (0,25/0,1/2,5); Cd ( <b>0,007</b> /0,0001/ <b>0,131</b> ); Al (0,08/0,068/ <b>0,28</b> ); Mn ( <b>0,242</b> /0,16/ <b>0,73</b> ); нефтепродукты (0,04/0,03/ <b>0,13</b> ); F (1,3/1,5/2,6); NH <sub>4</sub> (0,74/0,6/2,6); Fe ( <b>2,0</b> /1,2/8,4); Be ( <b>0,0003</b> /0,0001/ <b>0,0017</b> ); B (0,15/0,1/0,7); окисляемость перманганатная (2/1,5/6,8)
Воды карбоновых отложений (С)	Pb (0,007/0,001/ <b>0,02</b> ); Al (0,061/0,025/1,1); As (0,004/0,005/ <b>0,019</b> ); Cr (0,01/0,002/ <b>0,1</b> ); Mn ( <b>0,101</b> /0,073/ <b>0,37</b> ); нефтепродукты (0,02/0,02/ <b>0,5</b> ); общая жесткость (4,9/4,9/9,5); Fe ( <b>1,23</b> /1,11/9,2); B (0,2/0,05/2,1); окисляемость перманганатная (3,7/1,7/39)
Воды девонских отложений (D)	Ba (0,67/0,49/3,99); Pb (0,006/0,001/ <b>0,02</b> ); Al (0,047/0,01/2,4); Mn (0,042/0,019/0,34); SO <sub>4</sub> (25,4/6,4/670); нефтепродукты (0,08/0,03/ <b>0,77</b> ); Cl (18/4/370); общая жесткость (4,2/4,1/14,5); NO <sub>3</sub> (4,6/0,2/272,3); NO <sub>2</sub> (0,63/0,2/15); F (0,6/0,4/1,7); NH <sub>4</sub> (0,48/0,5/2,3); Na (23,8/12,7/273,9); Mg (21/19,9/58,5); Fe ( <b>0,96</b> /0,7/8,67); H <sub>2</sub> S (0,009/0,004/0,1); Sr (0,86/0,25/133,2); B (0,26/0,19/4,1); Ni (0,004/0,001/0,024); Hg (0,000043/0,00001/ <b>0,001</b> ); окисляемость перманганатная (1/0,8/6,1); сухой остаток (420/404/1170)
Воды ордовикских отложений (O)	Ba ( <b>0,86</b> /0,39/3,24); Al (0,032/0,01/0,42); As (0,005/0,005/0,016); Mn (0,031/0,01/0,6); нефтепродукты (0,08/0,03/5,4); общая жесткость (1,5/0,5/24,5); NO <sub>3</sub> (16,3/18,7/61); NO <sub>2</sub> (0,32/0,2/3,4); Na (46,7/18,9/229); Mg (30,3/30/69); Fe ( <b>0,32</b> /0,08/7); B (0,3/0,2/1,3); окисляемость перманганатная (2/2,1/8,5); сухой остаток (486/478/1023); SO <sub>4</sub> (48,6/23/690); NH <sub>4</sub> (1,55/1,55/3); F (0,1/0,046/2); NH <sub>4</sub> (0,27/0,15/2,46); 2,4-Д кислота, ее соли и эфиры (0,005/0,0001/0,059)
Воды четвертичных отложений (Q)	Mn ( <b>1,36</b> /0,33/3,7); F (0,9/0,3/2,8); NH <sub>4</sub> (1,6/0,5/6,4); Fe ( <b>10,43</b> /2,9/31); окисляемость перманганатная (2,5/2,3/5,5); Cd (0,0004/0,0001/0,0011); Cl (543/6/1620); Na ( <b>376,5</b> /5/1121,8); B (0,41/0,01/1,22); сухой остаток (1155/102/3320)
Воды вендских отложений (V)	Ba (0,46/0,21/2,47); Al (0,031/0,026/0,38); Mn ( <b>0,147</b> /0,1/1,12); нефтепродукты (0,03/0,02/0,88); Cl (48/14/590); F (0,9/0,7/4,3); Na (59,8/27,4/430); Fe ( <b>0,55</b> /0,17/8,58); H <sub>2</sub> S (0,009/0,002/0,24); Be ( <b>0,015</b> /0,0001/1,58); B (0,38/0,21/2,1); Ni (0,002/0,001/0,13); Hg (0,00015/0,00001/0,01); сухой остаток (243/165/1306)
Воды нижнекембрийских отложений (E)	Mn ( <b>0,11</b> /0,06/0,32); нефтепродукты (0,05/0,03/0,29); Fe ( <b>1,11</b> /0,89/2,9); B ( <b>1,98</b> /2,08/2,6); F (0,2/0,1/1,9); окисляемость перманганатная (3,4/1,5/7,7)
Воды трещиноватых пород раннего протерозоя (PR1)	B ( <b>0,95</b> /0,84/1,17); Mn ( <b>0,45</b> /0,45/0,52); Cl ( <b>378</b> /378/740); Na (288,8/288,8/456,1); Mg (37,5/37,5/73,1); Fe ( <b>0,61</b> /0,61/1,17); сухой остаток ( <b>1038</b> /1038/1754)
Воды кембро-ордовикских отложений (E-O)	Ba (0,5/0,34/1,91); Al (0,071/0,04/0,32); Cr (0,021/0,01/0,098); Mn ( <b>0,17</b> /0,03/2); нефтепродукты (0,03/0,02/0,38); общая жесткость (3,7/3,1/11,1); Mg (24,6/19,7/71); Fe ( <b>2,14</b> /0,2/27,7); NO <sub>2</sub> (0,28/0,04/3,9); Mo (0,018/0,002/0,09); NH <sub>4</sub> ( <b>2,3</b> /2,3/2,3); Ni (0,012/0,001/0,067); окисляемость перманганатная (1,7/1,9/5,2); B (0,36/0,21/0,89)

В соответствии с полученными результатами (таблица 1) превышения по макрокомпонентам либо не выявлялись вообще (воды трещиноватых пород архей-протерозоя (AR-PR); воды карбоновых отложений (С); воды нижнекембрийских отложений (E)), либо они выявлены только в отдельных пробах (воды девонских отложений (D); воды ордовикских отложений (O)), что не нашло отражения в средних значениях. Вместе с тем в нескольких горизонтах превышения по ряду макрокомпонентов отмечаются в средних значениях (в водах четвертичных отложений (Q)) по сухому остатку. По микрокомпонентам превышение по средним значениям отмечалось только по железу (воды карбоновых отложений (С); воды ордовикских отложений (O); воды девонских отложений (D)), по железу и марганцу, кадмию и бериллию (воды трещиноватых пород архей-протерозоя (AR-PR)), по железу и марганцу (воды четвертичных отложений (Q)), по марганцу, железу, бериллию (воды вендских

отложений (V)), по железу, бору, марганцу (воды нижнекембрийских отложений (€)), железу, бору, марганцу (воды трещиноватых пород раннего протерозоя (PR1)).

В ходе идентификации опасности проводилось ранжирование химических веществ по индексам опасности. Ранжирование произведено по всем горизонтам, во всех районах Ленинградской области. В перечень оцениваемых веществ вошли все вещества, по которым проводились лабораторные исследования, кроме обобщенных показателей. В том числе не вошли в оценку риска вещества, не имеющие референтных доз (далее — RFD) или факторов канцерогенного потенциала (далее — SFO).

Ниже в таблице 2 приведены вещества, по которым проводилось ранжирование, указаны ПДК, номер CAS, RFD, SFO, классы канцерогенности по МАИР<sup>1</sup> и критические органы и системы.

В химическом составе подземных вод определялись 9 канцерогенных веществ — кадмий, свинец, кобальт, мышьяк, гамма-ГХЦГ (линдан), 2,4-Д кислота, ее соли и эфиры, бериллий, никель, формальдегид. Для 6 из них (кроме никеля, кобальта и формальдегида) разработаны SFO для перорального поступления. Для 29 веществ разработаны RFD.

Таблица 2 — Перечень исследуемых веществ

CAS	Наименование вещества	ПДК	RFD	SFO	МАИР	Критические органы и системы*
7782-49-2	Селен	0,01	0,005		3	Кожа, печень, волосы, селезенка
7440-39-3	Барий	0,7	0,07			Почки, ССС
7440-43-9	Кадмий	0,001	0,0005	0,38	1	Почки, гормональная система
7439-92-1	Свинец	0,01	0,0035	0,047	2В	ЦНС, ПНС, кровь, биохимия крови, развитие, репродуктивная и гормональная системы
7429-90-5	Алюминий	0,2	1			ЦНС
7440-48-4	Кобальт	0,1	0,02		2А	Кровь
7440-38-2	Мышьяк	0,01	0,0003	1,5	1	Кожа, ЦНС, ПНС, ССС, иммунная система, гормональная система (диабет), ЖКТ
7440-47-3	Хром	0,05	0,005		3	Печень, почки, ЖКТ, слизистые
7440-50-8	Медь	1	0,019			ЖКТ, печень
7440-66-6	Цинк	5	0,3			Кровь, биохимия крови (супероксиддисмутаза)
7439-98-7	Молибден	0,07	0,005			Почки
7439-96-5	Марганец	0,1	0,14			ЦНС, кровь
	Нефтепродукты	0,1	0,03			Почки
14797-55-8	Нитраты	45	1,6			Кровь (MetHb), ССС
14797-65-0	Нитриты	3	0,1			Кровь (MetHb)
16984-48-8	Фторид-ион	1,5	0,06		3	Зубы, костная система
7664-41-7	Аммоний-ион	2	0,98			ЦНС, ПНС, дыхательная система, печень, почки, селезенка, ЖКТ, углеводный обмен, кровь, кожа, глаза; биохимия крови
7440-23-5	Натрий	200	34,3			ССС
7439-95-4	Магний	50	11			ЦНС, дыхательная система, ССС, иммунная система, ЖКТ, печень, почки
7440-70-2	Кальций		41,4			Почки, биохимия крови (алкалоз, гиперкальциемия)
7439-89-6	Железо	0,3	0,3			Слизистые, кожа, кровь, иммунная система
58-89-9	Гамма-ГХЦГ (линдан)	0,004	0,0003	1,3	1	Печень, почки, гормональная система
94-75-7	2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	0,1	0,01	0,019	2В	Печень, почки, кровь, гормональная система

<sup>1</sup> Международное агентство по изучению рака.

CAS	Наименование вещества	ПДК	RFD	SFO	МАИР	Критические органы и системы*
7783-06-4	Сероводород, сульфиды	0,05	0,003			ЖКТ
7440-41-7	Бериллий	0,0002	0,002	4,3	1	ЖКТ, масса тела
7440-24-6	Стронций	7	0,6			Костная система
7440-42-8	Бор	0,5	0,2			Репродуктивная система (семенники), ЖКТ, развитие (эмбриотоксический)
7440-02-0	Никель	0,02	0,02		2В	Печень, ССС, ЖКТ, кровь, масса тела
50-00-0	Формальдегид	0,05	0,2		1	Печень, ССС, ЖКТ, кровь, масса тела
7439-97-6	Ртуть	0,0005	0,0003		3	Иммунная и репродуктивная системы, почки, ЦНС, гормональная система
<p>* согласно Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» и Федеральному регистру потенциально опасных химических и биологических веществ.</p> <p>Примечания:</p> <p>1) ССС — сердечно-сосудистая система;</p> <p>2) ЦНС — центральная нервная система;</p> <p>3) ПНС — периферическая нервная система;</p> <p>4) ЖКТ — желудочно-кишечный тракт.</p>						

Ранжирование по индексу канцерогенной опасности проводилось для 6 веществ. Полученные результаты ранжирования по индексу канцерогенной опасности идентичны по всей области. Наибольший вклад в суммарный индекс канцерогенной опасности вносят мышьяк, бериллий, свинец, кадмий. По всей области вклад мышьяка составляет более 90 %.

Ранжирование по индексу неканцерогенной опасности было проведено для 29 веществ. Следующие вещества характеризуются наибольшими вкладами в суммарный индекс неканцерогенной опасности: мышьяк, фторид-ион, кальций, натрий, барий, магний, нитраты, марганец, железо, нитриты.

Результаты исследований качества воды подземных горизонтов Ленинградской области хорошо согласуются с данными ранее выполненных исследований, в которых для соответствующих водовмещающих горизонтов также было показано избыточное количество железа, марганца, бария, бора и ряда других компонентов [1–3, 5].

Ранжирование качества подземных вод по индексу канцерогенной и неканцерогенной опасности имеет существенные методические ограничения: на ряд из них не разработаны индексы канцерогенного потенциала (никель, кобальт, формальдегид) для перорального поступления. Есть и другие проблемы методического характера: по всей области вклад мышьяка составляет более 90 %, полученные значения объясняются нижним пределом обнаружения лабораторных методов исследования. Методы определения мышьяка подходят для гигиенической оценки, однако на уровне предела обнаружения при расчете канцерогенных рисков дают явно завышенные, недопустимые значения. Принимая во внимание, по-видимому, завышенный вклад мышьяка, тем не менее именно мышьяк, бериллий, свинец и кадмий вносят наибольший вклад в канцерогенный риск, в связи с чем эти показатели требуют особого внимания. При оценке неканцерогенной опасности наряду с железом и марганцем (по которым отмечалось и превышение ПДК) существенный вклад вносят фторид-ион, кальций, барий, магний, нитраты и нитриты.

По сведениям реестра санитарно-эпидемиологических заключений о возможности использования водного объекта в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, из обследованных 728 подземных источников на 166 подземных водозаборов Ленинградской области имеется заключение, в том числе на 120 (72,3 %) отсутствуют водоподготовка и обеззараживание.

#### Выводы:

– качество воды подземных горизонтов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, по всей Ленинградской области не соответствует гигиеническим нормативам по избыточному содержанию таких микрокомпонентов, как железо, марганец, барий, бор и бериллий. По отдельным горизонтам отмечаются превышения по селену, кадмию, алюминию, нефтепродуктам, фтору, аммиаку, окисляемости перманганатной, свинцу, мышьяку, хрому, общей жесткости, хлоридам, нитратам, нитритами, натрию, магнию, сероводороду, стронцию, никелю, ртути, сухому остатку, 2,4-Д кислоте, сульфатам и молибдену.

– ранжирование по индексам канцерогенной и неканцерогенной опасности выявило необходимость включения в программы социально-гигиенического мониторинга подземных вод области как веществ, обладающих канцерогенным действием (мышьяк, бериллий, свинец, кадмий), так и веществ, не обладающих канцерогенным действием (фторид-ион, аммоний-ион, кальций, натрий, барий, магний, нитраты, марганец, железо, нитриты);

– полученные данные и выполненный анализ могут быть использованы для обоснования программ мониторинга и производственного контроля систем централизованного водоснабжения.

## Литература

1. Еремин, Г. Б. Питьевая вода подземных источников и обеспечение ее гигиенической безопасности / Г. Б. Еремин, Д. С. Выучейская // Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологическими рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения: материалы III Междунар. форума Науч. совета Рос. Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды, Москва, 13–14 дек. 2018 г. — М., 2018. — С. 106–109.

2. Современные представления о гидрогеологических особенностях территории Ленинградского артезианского бассейна / Т. А. Конюхова [и др.] // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 7. — С. 31–40.

3. Шварц, А. А. Химический состав подземных вод Санкт-Петербургского региона в свете новых требований к качеству питьевой воды / А. А. Шварц // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Геология. География. — 2005. — № 1. — С. 85–93.

4. Мясников, И. О. О выборе приоритетных веществ для контроля качества питьевой воды подземных источников на примере населенных пунктов Ленинградской области / И. О. Мясников, А. А. Степанян // СБОРНИК ТЕЗИСОВ. Материалы II Национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «СЫСИНСКИЕ ЧТЕНИЯ — 2021», посвященного 90-летию НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, Москва, 17–19 ноября 2021 г. / под ред. Ю. А. Рахманина. — М., 2021. — С. 297–302.

5. Риск-ориентированный подход к ранжированию водопроводных станций Ленинградской области / А. В. Мельцер [и др.] // Профилактическая медицина. — 2016. — № 1 (58). — С. 5–11.

Поступила 06.09.2022

## К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОГО И РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЦВЕТЕНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Суровец Т. З., [volk\\_tz@mail.ru](mailto:volk_tz@mail.ru),

Дроздова Е. В., к. м. н., доцент, [drozdovaev@mail.ru](mailto:drozdovaev@mail.ru),

Просвирякова И. А., к. м. н., [risk.factors@rspch.by](mailto:risk.factors@rspch.by),

Фираго А. В., [1509\\_83@mail.ru](mailto:1509_83@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Поступление в поверхностные водные объекты загрязняющих веществ (азотсодержащие и фосфорсодержащие соединения), изменения гидрологических характеристик речного стока, снижение скорости движения воды способствуют интенсификации процессов эвтрофикации водоемов, особенно в условиях последних тенденций изменения климата (Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменяющегося климата на период до 2030 г., утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2022 г. № 91). Совокупность указанных факторов в теплый период года становится причиной неблагоприятного явления — массового развития цианобактерий (так называемых сине-зеленых водорослей из-за содержания фотосинтетических пигментов).

Продукты метаболизма сине-зеленых водорослей, которые выделяются в водную среду как в процессе жизнедеятельности, так и после их отмирания, могут ухудшать органолептические и санитарно-гигиенические показатели воды [Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management]. Цианотоксины могут служить причиной сотен тысяч отравлений в год на глобальном уровне, при этом общая смертность от них в мире составляет 1,5% (Wang D., 2008; Whitton B.A., 2012).

Основную угрозу здоровью представляют цианобактерии (сине-зеленые водоросли), токсины которых обладают гепато-, нейро-, гастро-, цитотоксичностью, раздражительным действием и не удаляются стандартными методами водоподготовки, попадая в питьевую воду. В настоящее время известно более 50 видов токсигенных цианобактерий, среди основных и наиболее агрессивных цианотоксинов выделяют микроцистин-LR и цилиндропермопсин, содержащиеся внутри активно растущих цианобактериальных клеток и высвобождающиеся в окружающую воду главным образом пассивно при старении, гибели и лизисе цианобактерий, а также выделяемые молодыми растущими цианобактериальными клетками (ВОЗ, 2011, Chorus I. et al., 1999; Buratti F. M. et al., 2017). В глобальном масштабе в поверхностных водоемах чаще всего обнаруживаются гепатотоксичные сине-зеленые водоросли [1].

Микроцистин-LR обладает гепатотоксическим и канцерогенным действием. Под действием микроцистина-LR баланс процессов фосфорилирования и дефосфорилирования в гепатоцитах нарушается, в итоге клетки печени могут разрушаться, вызывая развитие печеночной недостаточности. Ингибирование фосфатаз при длительном воздействии малых доз микроцистина-LR индуцирует пролиферацию клеток, гипертрофию печени и в конечном итоге развитие первичных опухолей печени (Волошко Л. Н., 2016; Buratti F. M. et al., 2017). В 2006 г. Международным агентством по изучению рака микроцистина-LR отнесен к группе 2B — возможным канцерогенам для человека. Всемирной организацией здравоохранения рекомендован норматив предельно допустимого содержания микроцистина-LR в питьевой воде на уровне 1 мкг/л, включенный в Руководство по контролю качества питьевой воды (ВОЗ, 2011). Цилиндропермопсин известен своим цитотоксическим действием на клетки печени и почек, раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки (Falconer et al., 1999; Seawright et al., 1999). Справочное предельно допустимое содержание цилиндропермопсина в питьевой воде составляет 0,81 мкг/л.

Результаты ряда исследований показали, что контакт цианотоксинов с кожей во время отдыха или занятий водными видами спорта вызывает раздражение кожи и слизистых оболочек, сопровождающееся шелушением, сыпью, конъюнктивитами, аллергическими реакциями, отмечается учащение приступов астмы, пневмонии, периодический сухой кашель, острые заболевания с такими симптомами, как сильные головные боли, миалгия, головокружение (Cardellina et al., 1979; Codd et al., 1999; Grauer, Arnold, 1961; Stewart et al., 1993; Yasumoto, Murata, 1993). В результате распада сине-зеленых водорослей образуются геосмин и 2-метилизобарниол, придающие воде неприятный запах, а их концентрации находятся в прямой зависимости от «цветения» водоемов.

Самые распространенные в системах централизованного питьевого водоснабжения методы реагентного обеззараживания воды (хлорирование, озонирование) способны приводить к трансформации токсинов сине-зеленых водорослей и усиливать их действие на организм. Так, терпены и их производные, изопреноиды, диметилсульфоксид, галоидированные лактоны и кетоны, гетероциклические, ароматические и азот- и серосодержащие углеводороды, являющиеся метаболитами цианобактерий, в результате реакции с сильными окислителями, используемыми для обеззараживания воды, образуют еще более активные соединения, в том числе и канцерогены.

Цветение поверхностных водных объектов значительно усложняет водоподготовку в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения, обуславливая необходимость применения дополнительных этапов или введения двойного обеззараживания, что увеличивает риски здоровью в связи с повышенным образованием побочных токсичных продуктов, тем самым увеличивая дозовую нагрузку на экспонируемое население (Кузь Н. В., 2019).

Таким образом, опасность для здоровья человека цветения водных объектов, используемых для хозяйственно-бытовых (как источник питьевого водоснабжения) и рекреационных целей (главным образом контактных видов), определяется следующими основными аспектами: присутствие в воде токсинов сине-зеленых водорослей, образование высокотоксичных продуктов их трансформации в реакции с дезинфектантами, повышенное применение доз дезинфектантов в период цветения водных объектов (например, двойного хлорирования) и, как следствие, образование побочных продуктов водоподготовки, и самое очевидное — неприятный внешний вид (зеленая пена на поверхности, ограничивающая рекреационное водопользование).

Проблема «цветения» водных объектов присуща и водоисточникам, и рекреационным объектам г. Минска и других населенных пунктов республики, которые подвержены массовому влиянию сбрасываемых выше по течению сточных вод [2–5]. Несмотря на то что в стране только в г. Минске применяется частично водоснабжение из поверхностных источников, основные проблемы созвучны с распространенными, в том числе применение хлорирования с озонированием для достижения безопасности в эпидемическом отношении, применение «усиленной дезинфекции» в период цветения водных объектов.

Актуален данный аспект и для рекреационного водопользования. В Республике Беларусь насчитывается около 200 зон отдыха местного и 10 общереспубликанского значения, на которых одновременно могут отдыхать 3400 тыс. человек. Одним из основных направлений Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменяющегося климата на период до 2030 г. является увеличение использования имеющегося рекреационного потенциала малоиспользуемых водных объектов для снижения нагрузки на водные объекты с превышением норм допустимых рекреационных нагрузок. Увеличение рекреационного потенциала водных объектов приведет к большей доступности их для купания и занятий водными видами спорта.

В 2012–2014 гг. в БГУ были проведены исследования с целью поиска и идентификации с помощью молекулярно-биологических и аналитических методов потенциально токсичных видов сине-зеленых водорослей в хозяйственно важных водоемах республики (озерах, водохранилищах, водотоках, прудах и др.) для определения степени их развития и возможного неблагоприятного влияния на качество воды при массовом развитии. Объектами исследования являлись цианобактерии в составе планктонной альгофлоры различных водоемов и водотоков Беларуси. Была проведена оценка видового состава, численности и биомассы цианобактерий в водных объектах Беларуси, используемых для массового отдыха населением, в мае — сентябре 2012–2013 гг. (в р. Виляя, озерах Лукомское, Большие Швакшты, Кромань, Нарочь, Мястро, водохранилищах Заславское, Криницы, Дрозды, Цнянское, Комсомольское озеро, Чижовское, Осиповичское, в канале сброса воды из Вилейского водохранилища в Заславское, в городских прудах г. Несвижа, в Лошицкой водной системе г. Минска — «Солнечная долина», в Щемыслицком городском пруду, в сбросном канале Березовской ГРЭС). С помощью сочетания молекулярно-биологических и аналитических методов, использования генетических маркеров выполнен поиск генов синтеза гепатотоксичного микроцистина, нодулярина, цилиндропермозина и нейротоксичного сакситоксина. Показано, что в 20 водоемах и водотоках Беларуси присутствовали цианобактерии родов *Anabaena* и *Microcystis*, синтезирующие высокотоксичные микроцистины — LR, RR, YR. Гены синтеза сакситоксина были обнаружены в семи водоемах Беларуси. Исследованные водоемы изучались параллельно на предмет оценки качества их вод по содержанию хлорофилла *a* и другим продукционно-деструкционным характеристикам (потенциальная скорость фотосинтеза — А, суточная скорость деструкции — R и БПК<sub>5</sub>) планктона, а также по концентрации общего органического вещества и отдельных его фракций (растворенное и взвешенное органическое вещество — РОВ и ВОВ). Различия уровня трофности и качества вод изученных водных объектов наиболее отчетливо проявились по уровню содержания хлорофилла и потенциальной скорости фотосинтеза планктона, в отличие от более консервативных показателей органического вещества [2].

По состоянию на настоящее время в Республике Беларусь проблема цветения водных объектов с позиций влияния на здоровье не изучалась, гигиенические нормативы (предельно допустимая концентрация) для цианотоксинов в питьевой воде, воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и рекреационных водах отсутствуют; кроме того отсутствует методика оценки рисков здоровью при питьевом и рекреационном водопользовании, ассоциированных с их воздействием, что может обуславливать существенные риски здоровью населения. Актуальность вопроса для Республики Беларусь подтверждается данными государственного санитарного надзора за поверхностными источниками питьевого водоснабжения и рекреационными водными объектами.

Исходя из вышеизложенного, разработка и внедрение научно обоснованных методических подходов для индикации и управления рисками здоровью, ассоциированными с биологическим фактором в воде (продукты цветения водорослей), представляется актуальной и важной задачей. В рамках подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., начата реализация задания 01.11. «Разработать и внедрить метод оценки рисков здоровью при питьевом и рекреационном водопользовании, ассоциированных с цветением водных объектов». На основании анализа многолетних метеорологических показателей, химического состава воды водных объектов, количественного и качественного состава сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, обо-

снован список приоритетных, характерных для отдельных регионов Республики Беларусь показателей, определяющих условия цветения водных объектов. Для обоснования периода и периодичности проведения исследований содержания цианотоксинов в воде поверхностного источника питьевого водоснабжения, питьевой воде и рекреационных водах выполнен анализ многолетних метеорологических показателей (2019–2021 гг.), определяющих условия цветения водных объектов, установлен благоприятный период и время пика цветения водных объектов. Период проведения исследований содержания цианотоксинов в воде принят июль–сентябрь, периодичность исследований — еженедельно. Разработана программа лабораторных исследований содержания цианотоксинов в исходной воде поверхностного источника питьевого водоснабжения, питьевой воде и рекреационных водах. Проведены отборы проб воды, которые исследуются на содержание приоритетных цианотоксинов. Планируется разработка метода инструментального анализа для идентификации и количественного определения микроцистина-LR в воде водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования (метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием).

## Литература

1. Материалы к обоснованию гигиенического норматива микроцистина-LR в воде водных объектов / Н. А. Егорова, Н. В. Кузь, О. О. Сеницына // Гигиена и санитария. — 2018. — Т. 97(11). — С. 1046–1052.
2. Михеева, Т. М. Выявление токсичных сине-зеленых водорослей (цианобактерий) в водоемах и водотоках Беларуси / Т. М. Михеева // Актуальные проблемы биоэкологии: материалы Междунар. науч. конф., 23–25 октября 2014 = Actual problems of bioecology: Proceedings of the International Scientific Conference, October 23–25, 2014, Minsk. — Минск: БГУ, 2014. — С. 99–100.
3. Phytoplankton of the transboundary River Viliya (Neris): community structure and toxic cyanobacterial blooms / Adamovich, B., Mikheeva, T., Sorokovikova, E., Belykh, O., Paskauskas, R., Kuzmin, A., Fedorova, G., Zhukava, H., Karosienė, J. // Baltica. — 2021. — V. 34 (2). — P. 174–184. <https://doi.org/10.5200/baltica.2021.2.4>
4. Туристско-рекреационный потенциал и зонирование реки Западная Двина для целей устойчивого природопользования / Н. С. Шевцова, Г. И. Марцинкевич, Е. В. Дроздова, Е. В. Шушкова [и др.] // Природные ресурсы. — 2011. — № 2. — С. 92–102.
5. Туристско-рекреационный потенциал и зонирование малых рек Витебской области / Н. С. Шевцова, Г. И. Марцинкевич, Е. В. Дроздова, Е. В. Шушкова // Природные ресурсы. — 2013. — № 2. — С. 36–42.

Поступила 12.10.2022

## ОЦЕНКА РИСКА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ПОСТУПЛЕНИИ БАРИЯ В ОРГАНИЗМ КАК ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМАТИВА БАРИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

<sup>1</sup> Фираго А. В., [1509\\_83@mail.ru](mailto:1509_83@mail.ru),

<sup>1</sup> Дроздова Е. В., к. м. н., доцент, [drozdovaev@mail.ru](mailto:drozdovaev@mail.ru),

<sup>2</sup> Цимберова Е. И., [katints1986@mail.ru](mailto:katints1986@mail.ru),

<sup>1</sup> Дребенкова И. В., к. техн. н., [spectrometric@rspch.by](mailto:spectrometric@rspch.by),

<sup>1</sup> Велентей Ю. Н., [spectrometric@rspch.by](mailto:spectrometric@rspch.by),

<sup>1</sup> Суворец Т. З., [volk\\_tz@mail.ru](mailto:volk_tz@mail.ru)

<sup>1</sup> Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Барий — вещество 2-го класса опасности (высокоопасные вещества), действующая в республике предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) в питьевой воде составляет 0,1 мг/л. Вопрос корректировки ПДК бария в питьевой воде актуализировался с 2010 г. в связи с переутверждением запасов пресных вод и планированием реконструкции систем питьевого водоснабжения на крупнейших водозаборах. Удаление избытка бария из воды практически невозможно (обратный осмос, ионный обмен чрезвычайно затратны для централизованных систем). Одним из путей решения

проблемы является смешение вод из нескольких скважин, что сложно реализуемо в малых населенных пунктах [1, 2].

За последние годы за рубежом норматив бария пересматривался в сторону смягчения на основании современных данных о токсичности и доли поступления бария в организм с водой: 0,7 мг/л — Российская Федерация (с 2007 г.), Китай; 1,3 мг/л — Всемирная организация здравоохранения (далее — ВОЗ) (с 2017 г., 2003–2017 гг. — 0,7 мг/л), 2 мг/л — США (с 2005 г.), Канада (с 2019 г.), в ЕС барий в воде питьевой не нормируется, в минеральных водах 1 мг/л, на территории ЕАЭС техническим регламентом ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» установлен норматив бария в упакованной питьевой воде на уровне 0,7 мг/л. При этом следует отметить, что рекомендуемые значения ВОЗ не являются обязательными и предельно допустимыми, для установления предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) путем гармонизации (адаптации) международного норматива необходимо оценить рекомендуемые значения с учетом местной или национальной экологической, социально-экономической ситуации, культурных традиций (4-е Руководство ВОЗ по обеспечению качества питьевой воды (2017)).

Согласно данным научных публикаций, пищевые продукты являются основным источником поступления бария в организм для человека [1, 3]. В то же время значительный вклад в общее потребление бария на территориях с высокими концентрациями в воде может вносить питьевая вода. Для производственного сценария воздействия целесообразно рассматривать только ингаляционный путь поступления. Действующая ПДК установлена с учетом 100 % вклада воды в суточное поступление бария в организм, для пересмотра норматива целесообразно определение вклада воды в суммарное суточное поступление, а также проведение комплексных токсиколого-гигиенических исследований по изучению современной доказательной базы по оценке его влияния на организм.

В республике отсутствовали данные по содержанию бария в основных видах пищевой продукции и уровнях его потенциального суточного поступления с рационом, как и системные данные о содержании бария в воде источников и питьевой воде централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения. Ранее, несмотря на наличие в перечне обязательных контролируемых показателей, барий в питьевой воде не определялся. Также барий отсутствует в перечне показателей для ежегодного предоставления отчетности (форма ведомственной отчетности 17(18) — (Сведения о санитарном состоянии территории)). При этом на 2010 г., по данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь, не менее 200 тыс. населения страны потенциально использовали водопроводную воду с повышенным содержанием бария. Данные о поступлении бария с водой и алиментарно для стран, находящихся в сходных социально-экономических и экологических условиях (Российская Федерация, страны СНГ), в научной литературе не представлены.

За рубежом органами-мишенями, по воздействию на которые установлены значения референтных доз (далее — RfD), являются сердечно-сосудистая система (по данным эпидемиологических исследований, опорный эффект — артериальная гипертензия) и выделительная система (RfD установлена в 2-летних экспериментах на мышах, опорный эффект — нефропатия) [1, 4, 5].

Таким образом, учитывая, что ПДК бария в воде установлена с учетом 100 % поступления в организм с водой по санитарно-токсикологическому показателю вредности, а его длительное поступление в высоких концентрациях определяет риск развития повреждений почек и артериальной гипертензии, гигиенический норматив может быть пересмотрен только на основании определения удельного вклада воды в поступление в организм и комплексных гигиенических исследований с оценкой рисков здоровью.

Актуальность проводимых исследований и определили обозначенные аспекты.

Целью НИР, реализовывавшейся специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (далее — Центр) по заданию 01.02 подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг., являлась оценка комплексного поступления бария в организм человека для создания доказательной базы для последующей актуализации норматива в питьевой воде в Республике Беларусь.

По заданию в рамках НИР проведен анализ распространенности и уровней содержания бария в воде централизованных систем питьевого водоснабжения и водосточниках, в том числе с учетом областного деления. Используются результаты исследований более 4300 проб воды из следующих 5 массивов данных: ретроспективные данные лабораторных исследований Центра за 2010–2021 гг., а также учреждений госнадзора, водохозяйственных организаций и Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и НПЦ «Геология» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за период 2010–2020 гг., а также собственные лабораторные исследования Центра в рамках НИР.

Оценку фактического питания проводили с помощью метода изучения частоты потребления пищевых продуктов согласно инструкции по применению № 017–1211 «Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов», утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь 15.12.2011 (разработчик — Центр), и рекомендациям ВОЗ (2009) «Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food» (Environmental Health Criteria 240–3). Метод позволяет оценить поступление веществ в составе рациона в организм человека путем разделения респондентов на группы на основе различных уровней потребления, предусматривает описание респондентами частоты потребления отдельных видов пищевых продуктов и блюд (с учетом их объема или массы) в предшествующие 30 дней.

Адаптация стандартной анкеты частотного метода была проведена путем включения продуктов, являющихся существенными источниками поступления бария по данным литературы (например, сухие завтраки и бразильские орехи) [3], и стандартных размеров порций на 1 прием пищевых продуктов. Анкета содержала 69 видов продуктов, в том числе крупяные и макаронные изделия, хлебобулочные изделия, овощи, фрукты, кондитерские изделия, масложировую продукцию, молочную продукцию, яйца, мясо и мясные изделия, рыбу, кофе, чай, алкогольные напитки [4]. Проанкетированы представители взрослого населения активного возраста, проживающие в городской местности (301 респондент в возрасте 17–25 лет). Лабораторные исследования на содержание бария проведены в 372 образцах пищевой продукции, сформированных в 10 групп.

В пробах воды и пищевых продуктов лабораторное определение бария проводили на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Ultima 2 (Horiba Jobin Yvon, Япония-Франция) методом ГОСТ 31870–2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии с использованием метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой», который позволяет проводить измерения содержания бария в растворе анализируемой пробы без разбавления в диапазоне от 0,001 до 50 мг/дм<sup>3</sup>.

Статистическая обработка данных проведена с применением пакета прикладных программ пакета «Statistica 12.0» и Microsoft Excel 2010. С использованием критериев W-теста Шапиро — Уилка и Колмогорова — Смирнова с поправкой Лиллефорса осуществляли оценку соответствия полученных данных нормальному распределению. Распределение данных считалось отличным от нормального (непараметрическим) при уровне значимости  $p < 0,05$ . Для характеристики фактического уровня потребления пищевой продукции использованы медиана (далее — Me), интерквартильный размах (далее — P25–P75) и 95-й перцентиль (далее — P95), для питьевой воды также рассчитывали средние, минимальные и максимальные значения.

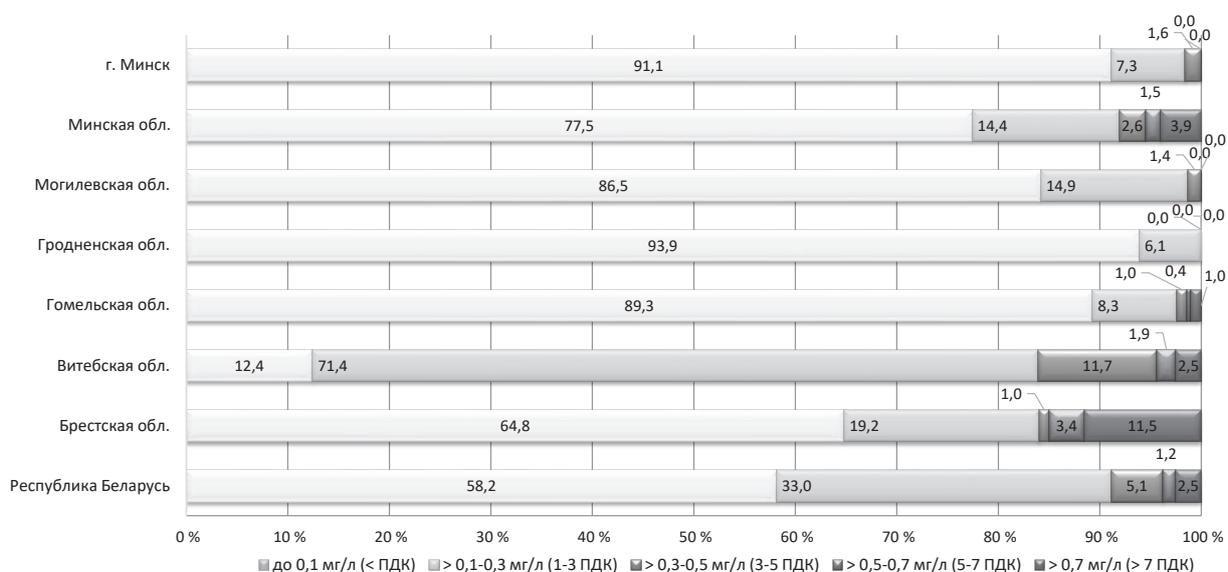
В среднем по республике удельный вес нестандартных проб по содержанию бария составил 41,8%, наибольшее число таких проб в Брестской (35,2%), Витебской (87,5%) и Минской (22,5%) областях. Наибольший удельный вес проб с превышениями  $> 5$  ПДК отмечен в Брестской области (рисунок 1).

Содержание бария в воде составило (Me [P25 — P75], P95): среднереспубликанские уровни — 0,09 [0,05; 0,20], 0,37 мг/л; Витебская область — 0,21 [0,16; 0,27], 0,47 мг/л; Брестская область — 0,07 [0,003; 0,13], 1,05 мг/л; Минская область — 0,07 [0,04; 0,10], 0,52 мг/л.

Указанные различия определяются особенностями формирования водоносных горизонтов, используемых для централизованного питьевого водоснабжения.

Наибольшие уровни бария определялись в хлебобулочных изделиях — от 0,47 до 1,12 мг/кг, крупяных изделиях и макаронах — от 0,12 до 0,82 мг/кг, овощах — от 0,31 до 0,90 мг/кг, кондитерских изделиях — от 0,20 до 1,41 мг/кг, максимальные концентрации отмечены для бразильского ореха (до 590,5 мг/кг), сухих завтраков (7,011 мг/кг), арахиса жареного, соевых бобов, ореха пекан, морской капусты (2,014 мг/кг). Ниже предела обнаружения метода ( $< 0,025$  мг/кг) содержание бария отмечено в 24,5% исследованных образцов пищевых продуктов, в том числе в 70% масложировой продукции, 37,5% рыбы и рыбных продуктов, более 40% молока и молочной продукции, мяса и мясной продукции, наименьший — среди хлебобулочных изделий (7,1%), сухофруктов (по 6,1%) и крупяных изделий (5,8%).

Моделирование оценки уровней алиментарной экспозиции населения проводилось по 5 сценариям (в том числе аггравированному) для каждого вида продукции согласно инструкции по применению № 018–1211 «Оценка алиментарной химической нагрузки на население», утвержденной Министерством здравоохранения Республики Беларусь 15.12.2011 (разработчик — Центр). Учитывали Me и 95P содержания бария в изучаемых группах пищевых продуктов и уровень их потребления. Моделирование незначимых результатов «не обнаружено» или «ниже предела обнаружения» с использованием замещающих значений позволило для отдельных пищевых продуктов определить диапазоны уровней содержания бария: нижняя граница — 0 мг/кг, средний уровень — 0,5 мг/кг от нижней границы диапазона измерений — 0,0125 мг/кг, верхняя — нижняя граница диапазона измерений — 0,025 мг/кг.



**Рисунок 1 – Распределение проб с различными концентрациями бария на территории Республики Беларусь (в разрезе областей)**

Расчет экспозиции бария проводился как с использованием рекомендуемого ВОЗ значения 60 кг, так и стандартного значения массы тела 70 кг. Изучалось как «хроническое» (ежедневное), так и «острое» потребление видов пищевой продукции (периодическое потребление видов продукции, вносящих наибольший вклад в поступление обсуждаемых веществ в организм).

По реалистичному сценарию «хроническое» среднесуточное поступление бария в основном формируется за счет 4 групп пищевых продуктов – овощей (до 40%), крупяных изделий и макарон (более 20%), хлебобулочных изделий (до 20%) и фруктов (до 9%). Между «острым» и «хроническим» алиментарным поступлением бария существенных отличий не выявлено [4].

Диапазоны поступления бария с пищевыми продуктами при реалистичном сценарии экспозиции (модель 1) варьировали от 3,3 до 3,6 мкг/кг массы тела в сутки. Анализ аггравированной модели, который характеризует алиментарную нагрузку при условии высокого уровня потребления и высокого, приближающегося к максимальному, содержания бария в пищевых продуктах, формирующих рацион, свидетельствует, что уровни экспозиции составили 228,8 мг/кг массы тела в сутки, при этом до 60% могут вносить сухофрукты и орехи, 15% – овощи.

Для целей настоящей работы определялась суммарная экспозиция (поступление в организм) бария алиментарно и с питьевой водой (5 сценариев для алиментарной экспозиции, 7 сценариев для экспозиции питьевой водой (минимальные значения, 25P, Me, 75P, 95P, максимальные значения) и 35 их комбинаций), определялись уровни и приоритетные источники экспозиции, устанавливался удельный вклад воды в формирование дозы (включая расчеты доз при различной массе тела: 60 кг – рекомендуемая ВОЗ и 70 кг – стандарт для Республики Беларусь).

Полученные результаты расчета суммарных доз свидетельствуют, что при реалистичных сценариях экспозиции (1–2 модели для потребления пищевой продукции и медиана и 95P для питьевой воды) суммарная доза составит соответственно около 7 и 16 мкг/кг массы тела в сутки в пересчете на стандартную массу тела 60 кг и 6 и 14 мкг/кг массы тела в сутки в пересчете на 70 кг массы тела. Риски оцениваются как приемлемые (до 5%).

В суммарное суточное поступление бария для 1–2 моделей алиментарной экспозиции (реалистичный сценарий) и концентрации его в воде на уровне медианы удельный вклад воды не превышал 50% (40–42%).

Результаты исследований по заданию 01.02 совместно с данными, полученными в рамках реализации гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № М20–071 «Экспериментальные модели патологии в оценке рисков воздействия химических факторов на здоровье чувствительных групп населения» [5], послужили доказательной базой при актуализации норматива бария в питьевой воде и позволили обосновать возможность корректировки ПДК в сторону его «смягчения» по критериям риска здоровью с учетом региональных сценариев воздействия – 0,7 мг/л. Подготовлен проект постановления Совета Министров Республики Беларусь «О внесении изменения в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37» в части внесения изменений в таблицу 2 гигиенического норматива «Показатели безопас-

ности питьевой воды», согласован с ключевыми заинтересованными. Планируемый срок утверждения — 2023 г.

Дополнительно внесено предложение о дополнении формы ведомственной отчетности 17(18) — (Сведения о санитарном состоянии территории) в части требований о предоставлении данных о соответствии проб воды нормативным требованиям по показателям «барий» и «бор» (ранее данные по указанным показателям на уровне республики отсутствовали).

## Литература

1. Дроздова, Е. В. К вопросу научного обоснования гигиенического нормирования бария в питьевой воде / Е. В. Дроздова, Е. И. Цимберова // Мед. журн. — 2019. — № 1. — С. 4–7.

2. Совершенствование санитарно-гигиенического нормирования размещения источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, заключений санэпидслужбы о качестве среды обитания, проблемы оценки содержания в воде бора и бария, измерений температуры воды из квартирных водоразборов / С. Г. Позин, В. В. Рызгунский, А. С. Долгин, А. Г. Гладкий, Е. В. Дроздова [и др.] // Воен. эпидемиология и гигиена. — 2012 г. — № 2. — С. 93–97.

3. Распространенность бария в пищевых продуктах (анализ литературных источников) / Е. В. Дроздова [и др.] // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье и окружающая среда», посвященной 95-летию санитарно-эпидемиологической службы Республики Беларусь (Минск, 30 сентября — 1 октября 2021 г.) / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С. И. Сычик. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — С. 123–126.

4. Оценка алиментарной экспозиции барием в условиях Республики Беларусь / Дроздова Е. В. [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С. И. Сычик (гл. ред.), Г. Е. Косяченко (зам. гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — Вып. 31. — С. 22–30.

5. Дроздова, Е. В. Экспериментальные модели хронической патологии животных для оценки рисков здоровью чувствительных групп населения / Е. В. Дроздова, С. И. Сычик, В. А. Грынчак, С. Н. Рябцева // Анализ риска здоровью. — 2022. — № 2. — С. 185–195. DOI: 10.21668/health.risk/2022.2.17.

Поступила 14.09.2022

## ОСОБЕННОСТИ ИММУННОЙ РЕГУЛЯЦИИ ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА

Челакова Ю. А., [chelakovayu@yandex.ru](mailto:chelakovayu@yandex.ru),  
Долгих О. В., д. м. н., профессор, [oleg@fcrisk.ru](mailto:oleg@fcrisk.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Пермь, Россия

Загрязнение металлами городской среды в зонах влияния предприятий промышленного комплекса на здоровье населения приводит к формированию патологических реакций, нарушению механизмов иммунной реактивности, а также генерирует развитие сенсibiliзирующих эффектов и проявлений аллергических заболеваний [1]. Экспериментально доказано, что алюминийсодержащие соединения вызывают клеточную гибель по пути некроза или апоптоза, а в наномолярных и микромолярных концентрациях алюминий усиливает специфические нейровоспалительные и проапоптотические сигнальные каскады [2]. Исследование особенностей изменения функциональных показателей системы иммунной регуляции в условиях интенсивного техногенного освоения среды обитания определяется необходимостью мониторинга уровня здоровья населения, выявления адаптационного потенциала организма, а также маркеров чувствительности к химическим факторам внешнесредового окружения [3].

Целью работы является оценка особенностей иммунной регуляции и специфической гиперчувствительности организма взрослого населения, проживающего в условиях крупного промышленного центра.

В ходе работы было обследовано взрослое население в возрасте 25–35 лет, постоянно проживающее в крупном промышленном центре в условиях техногенного загрязнения воздушной среды тяжелыми металлами. В группу наблюдения вошел 61 человек, постоянно проживающий в зоне влияния промышленных объектов. Группу сравнения составили 49 человек, проживающие на «ус-

ловно чистой» территории. Группы были сопоставимы по полу, возрасту, соматической заболеваемости.

Исследование крови на содержание массовых концентраций химических элементов (алюминий, свинец, марганец, хром) в биосредах выполнялось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx («Agilent Technologies Inc.», США) в соответствии с МУК 4.1.3230–14 «Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».

Определение сывороточных иммуноглобулинов классов А, М, G осуществляли методом радиальной иммунодиффузии по Манчини.

Определение специфических антител к поллютантам (алюминий, свинец, марганец, хром) определяли методом аллергосорбентного тестирования с ферментной меткой.

Фенотипирование CD-лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы «Becton Dickinson» с использованием универсальной программы CellQuest, Pro. Определение популяций и субпопуляций лимфоцитов проводили методом мембранной иммунофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам («Becton Dickinson», США), при этом регистрировали суммарно не менее 10 000 событий.

Цитокиновые провоспалительные медиаторы IL-1 $\beta$ , IL-8 определяли иммуноферментным анализом с использованием тест-систем «Вектор-Бест» (Россия) на анализаторе «TECAN Sunrise» (Австрия).

Для качественного осуществления статистического анализа данных обработка материала проводилась с использованием программы Microsoft® Office Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0. Данные обрабатывали методом вариационной статистики с расчетом среднего арифметического, его стандартной ошибки. Достоверность различий определяли по t критерию Стьюдента, оценку зависимостей между признаками с помощью корреляционно-регрессионного анализа, критерия Фишера и коэффициента детерминации (далее — R<sup>2</sup>). Качественные данные представлены в виде абсолютных или относительных (%) частот, количественные признаки представлены как  $M \pm m$  (среднее арифметическое  $\pm$  ошибка среднего). Достоверность отличий между группами считали значимой при  $p \leq 0,05$ .

Результаты химико-аналитического исследования показали присутствие контаминантов в крови обследованной группы городского населения с повышенным содержанием алюминия в 98 % случаев, марганца в 13,5 % случаев, хрома в 16,2 % случаев, свинца в 27 % случаев относительно фоновых уровней.

При этом отмечено достоверное превышение концентраций гаптен в моче относительно показателей группы сравнения. Так, концентрация алюминия превышала в 2,11 раза (группа наблюдения  $0,0169 \pm 0,0064$  мг/дм<sup>3</sup>, группа сравнения  $0,008 \pm 0,003$  мг/дм<sup>3</sup>,  $p \leq 0,05$ ), марганца — в 1,82 раза (группа наблюдения  $0,00069 \pm 0,0003$  мкг/см<sup>3</sup>, группа сравнения  $0,00038 \pm 0,00009$  мкг/см<sup>3</sup>).

Проведенное клинико-лабораторное исследование выявило изменение показателей иммунной регуляции у группы наблюдения (таблица 1).

Так, при сравнительном анализе с референтными уровнями показано соответствие параметров CD-иммунограммы, за исключением достоверно повышенного абсолютного (у 47,5 %) и относительного (у 68,4 %) количества регуляторных CD127-лимфоцитов у обследованного контингента ( $p \leq 0,05$ ), а также снижение содержания CD25+-лимфоцитов у 57,9 % группы наблюдения, различия достоверны по кратностям превышения нормы ( $p \leq 0,05$ ). Отмечено возрастание как абсолютного (в 3,13 раза), так и процентного (в 2,62 раза) количества CD127-лимфоцитов относительно показателей группы сравнения ( $p \leq 0,05$ ). У взрослого населения группы наблюдения выявлено достоверное снижение (в 3,3 раза) содержания TNFR рецептора, отвечающего за апоптоз, по отношению к группе сравнения ( $p \leq 0,05$ ).

Использование математического моделирования и методического приема оценки отношения шансов изменения иммунологических тестов при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах показало достоверное повышение количества CD95+-лимфоцитов при увеличении уровня алюминия в моче ( $R^2 = 0,26-0,79$ ;  $p \leq 0,05$ ), CD127-лимфоцитов при увеличении концентрации хрома в крови ( $R^2 = 0,14$ ;  $p \leq 0,05$ ).

Полученные данные свидетельствуют о перестройке рецепторов иммунокомпетентных клеток, повышая их уязвимость, причем данный процесс протекает с признаками активации супрессорных T-клеточных рецепторов CD127 и угнетения проапоптогенного рецептора TNFR.

Выявлено изменение содержания сывороточных иммуноглобулинов с преимущественным повышением экспрессии IgA у 36,1 % обследованных и IgM у 13,5 % группы наблюдения по сравнению с возрастной нормой, различия достоверны по кратностям превышения нормы ( $p \leq 0,05$ ). Кроме того, у обследованного населения показано достоверное повышение продукции иммуноглобулинов всех трех классов относительно группы сравнения: концентрация IgG повышена в 1,1 раза, IgA — в 1,29 раза, IgM — в 1,16 раза ( $p \leq 0,05$ ).

Таблица 1 — Особенности иммунной регуляции у взрослого населения в условиях экспозиции тяжелыми металлами

Показатели	Референтный уровень	Группа наблюдения	Группа сравнения
CD3+CD25+-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /дм <sup>3</sup>	0,19–0,56	0,216 ± 0,063**	0,193 ± 0,062
CD3+CD25+-лимфоциты, %	13–24	10,526 ± 3,142*, **	10,460 ± 3,128
CD4+CD25+CD127-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /дм <sup>3</sup>	0,015–0,040	0,075 ± 0,025*, **	0,024 ± 0,009
CD4+CD25+CD127-лимфоциты, %	0,8–1,2	3,599 ± 0,852*, **	1,374 ± 0,619
CD3+CD95+-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /дм <sup>3</sup>	0,63–0,93	0,812 ± 0,113**	0,620 ± 0,200
CD3+CD95+-лимфоциты, %	39–49	43,632 ± 6,568**	34,180 ± 8,072
TNFR, %	1–1,5	1,523 ± 0,594**	4,981 ± 1,759
IgG, г/л	10–18	12,932 ± 0,747**	11,95 ± 0,817
IgM, г/л	1,1–2,5	1,581 ± 0,127**	1,361 ± 0,125
IgA, г/л	1,1–3,0	2,666 ± 0,275**	2,072 ± 0,386
IL-1β, пг/мл	0–11	2,994 ± 1,822**	0,673 ± 0,263
IL-8, пг/мл	0–10	7,071 ± 1,443**	4,818 ± 1,853
IgE специфический к марганцу, МЕ/мл	0–1,21	0,312 ± 0,068**	0,191 ± 0,041
IgE специфический к хрому, МЕ/мл	0–1,01	0,302 ± 0,082**	0,116 ± 0,039
IgG специфический к алюминию, у. е.	0–0,1	0,222 ± 0,054**	0,163 ± 0,055
IgG специфический к свинцу, у. е.	0–0,1	0,203 ± 0,048**	0,172 ± 0,051
* Разница достоверна относительно референтного уровня (p < 0,05);			
** Разница достоверна относительно группы сравнения (p < 0,05).			

Анализ шансов повышения показателей гуморального иммунитета при изменении содержания контаминантов в биологических средах выявил возрастание концентрации IgG и IgA при увеличении уровня свинца в крови ( $R^2 = 0,92-0,94$ ;  $p \leq 0,05$ ) и алюминия в моче ( $R^2 = 0,20-0,30$ ;  $p \leq 0,05$ ).

В исследовании М. Люо показано, что соединения алюминия повышают уровень IgG, усиливают гуморальный иммунитет, стимулируя ответ Th2 у животных [4].

Анализ цитокиновой регуляции IL-1β и IL-8 позволил установить, что данные показатели находятся в пределах референтного уровня, однако наблюдается превышение концентрации данных показателей относительно группы сравнения в 4,45 и 1,47 раза соответственно ( $p \leq 0,05$ ), что указывает на избыточную активацию воспалительного процесса. Также прослеживается тенденция к повышению шансов возрастания концентрации IL-8 при увеличении уровня алюминия в моче ( $R^2 = 0,68$ ;  $p \leq 0,05$ ).

В работе В. М. Прусакова также показано влияние тяжелых металлов на иммунитет, в частности на цитокиновую продукцию: например, свинец может менять тип иммунных реакций с Th1-типа на Th2-тип с повышением продукции различных интерлейкинов, таких как IL-4, IL-6, IL-10, а также может изменять продукцию иммуноглобулинов, процессы апоптоза, фагоцитоза, формирует состояние иммунологической недостаточности, аутоиммунные процессы и аллергические реакции [5].

Одновременно показано возрастание уровня специфической сенсибилизации по критерию специфических антител класса G к алюминию и свинцу (у 69,4% и 68,8% соответственно) у обследованного контингента при сравнении с референтным уровнем ( $p \leq 0,05$ ). Также выявлено повышение относительно группы сравнения уровня специфических антител класса G к алюминию и свинцу соответственно в 1,36 и 1,18 раза и уровня специфических антител класса E к марганцу и хрому в 1,63 и 2,6 раза соответственно ( $p \leq 0,05$ ).

Выявленные изменения характеризуют угнетение клеточного иммунитета, в том числе противоопухолевое, на фоне активации специфического гуморального иммунитета с развитием процессов сенсибилизации к техногенным гаптенам (тяжелым металлам).

Проведенное исследование особенностей иммунной регуляции организма взрослого населения, проживающего на промышленно развитой территории в условиях аэрогенной экспозиции тяжелыми металлами, формирующей избыточную контаминацию металлами биологических сред, выявило активацию регуляторных CD127-лимфоцитов, CD25+-лимфоцитов и рецептора клеточной смерти CD95+, с одновременным угнетением экспрессии проапоптотического рецептора фактора некроза

опухоли TNFR. В ходе обследования в крови взрослого населения было выявлено повышение продукции сывороточных иммуноглобулинов классов G, M, A и возрастание продукции цитокиновых медиаторов IL-1 $\beta$  и IL-8. Достоверно измененные показатели программированной клеточной гибели с одновременной активацией процессов специфической сенсибилизации к тяжелым металлам формируют особенности иммунологического статуса взрослого населения, отличающиеся избыточным напряжением компарментов иммунной и цитокиновой регуляции в условиях влияния экзогенных химических факторов риска.

### Литература

1. Ревич, Б.А. Экологические приоритеты и здоровье: социально уязвимые территории и группы риска / Б.А. Ревич // Экология человека. — 2010. — № 7. — С. 3–9.
2. Johnson, V.J. Aluminum-maltolate induces apoptosis and necrosis in neuro-2a cells: potential role for p53 signaling / V.J. Johnson, S.H. Kim, R.P. Sharma // Toxicological Sciences. — 2005. — Vol. 83, iss. 2. — P. 329–339.
3. Зайцева, Н.В. Особенности иммунологических и генетических нарушений человека в условиях дестабилизации среды обитания / Н.В. Зайцева, О.В. Долгих, Д.Г. Дианова. — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. — 299 с.
4. Simultaneous enhancement of cellular and humoral immunity by the high salt formulation of Al(OH)<sub>3</sub> adjuvant / M. Luo [et al.] // Cell Research. — 2017. — Vol. 27, iss. 4. — P. 586–589.
5. Прусаков, В.М. Динамика адаптационных процессов и риска заболеваемости населения на территории промышленных городов / В.М. Прусаков, А.В. Прусакова // Гигиена и санитария. — 2014. — Т. 93, № 5. — С. 79–87.

Поступила 09.09.2022

## ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ (НИТРАТОВ), ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ ШАХТНЫХ КОЛОДЦЕВ, НА ПРИМЕРЕ БОБРУЙСКОГО РАЙОНА ЗА ПЕРИОД 2007–2021 гг.

Шинкарев С.П., [sh.serg@mail.ru](mailto:sh.serg@mail.ru),

Учреждение здравоохранения «Бобруйский зональный центр гигиены и эпидемиологии»,  
г. Бобруйск, Республика Беларусь

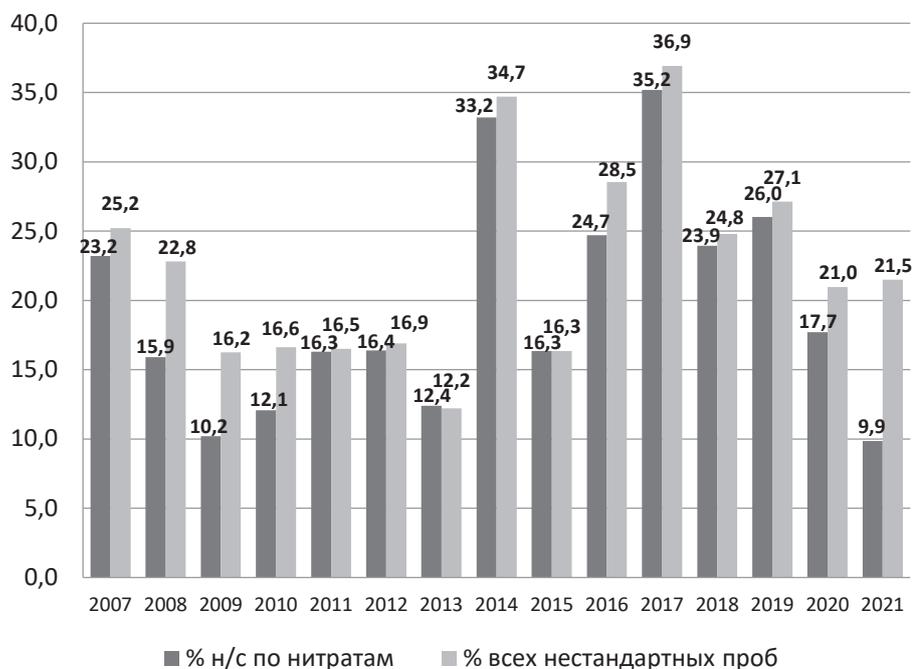
Важной задачей УЗ «Бобруйский зональный центр гигиены и эпидемиологии» остается ранжирование территории сельских исполнительных комитетов по уровню риска от приоритетных загрязнителей с дальнейшим выходом на управленческие решения по их снижению до приемлемого уровня.

По результатам лабораторного контроля за 2021 г. качество питьевой воды нецентрализованного водоснабжения по микробиологическим показателям не соответствовало гигиеническим нормативам в 16,4% проб (2016 г. — 28,3%); по санитарно-химическим показателям — 21,5% проб (2020 — 21,0%; 2019 — 27,1%; 2018 — 24,8%; 2017 — 36,9%, 2016 — 28,5%) (рисунок 1).

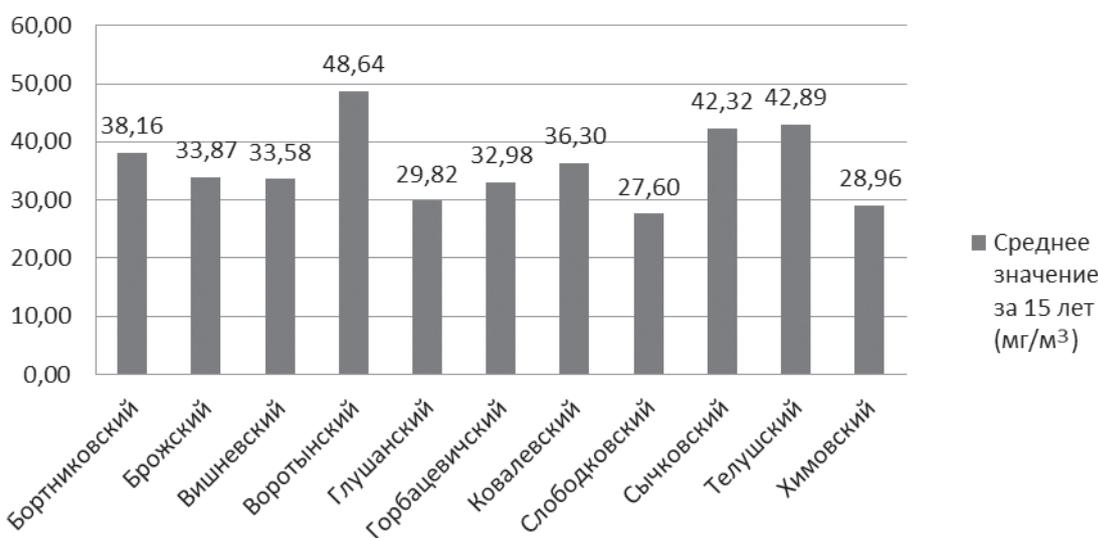
По результатам лабораторных исследований в 2021 г. зарегистрировано 24 населенных пункта (65 шахтных колодцев) с повышенным содержанием нитратов в питьевой воде (от 49,0 мг/дм<sup>3</sup> до 99,9 мг/дм<sup>3</sup>).

Методика проведения оценки риска выполнена в соответствии с инструкцией по применению «Метод оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических веществ, загрязняющих питьевую воду», утвержденной заместителем Министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь от 27 января 2022 г. (регистрационный № 019–1221).

Схема оценки риска предусматривает проведение четырех этапов: идентификация опасности; оценка экспозиции; оценка зависимости «доза-ответ»; характеристика риска.



**Рисунок 1 — Качество питьевой воды нецентрализованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям, в том числе по содержанию нитратов за период 2007–2021 гг.**



**Рисунок 2 — Сравнительная динамика средних значений (за период 2007–2021 гг.) содержания нитратов в питьевой воде на территориях сельских советов Бобруйского района**

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ

При выборке данных по годам в качестве 100% брались общее количество исследованных проб воды из колодцев сельских исполнительных комитетов Бобруйского района. На рисунке 2 отражен удельный вес всех нестандартных проб воды из нецентрализованных источников водоснабжения за каждый из последних 15 лет по отношению к общему количеству проведенных исследований такой воды в каждый из вышеуказанных временных промежутков.

### ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ

В исследованиях по оценке риска в качестве меры экспозиции используется потенциальная доза или величина поступления (таблица 1). Условия оценки риска: результаты госнадзора за качеством питьевой воды из нецентрализованных источников водоснабжения; сценарий жилой зоны; частота экспозиции — 350 дней; среднесуточный объем водопотребления — 2 л/сут; продолжитель-

ность воздействия (неканцерогены) — 30 лет; частота воздействия — 350 дней/год; масса тела человека — 70 кг; период осреднения экспозиции — 30 лет.

Расчет величины перорального поступления нитратов с водой проведен в соответствии с формулой (1):

$$LADD(\text{за } 2007\text{--}2021 \text{ гг.}) = (C \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365), \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут}), \quad (1)$$

где LADD — среднесуточная доза или поступление, мг/(кг × сут);

C — концентрация вещества в воде, мг/л;

IR — скорость поступления воздействующей среды (величина водопотребления, л/сут);

ED — продолжительность воздействия, лет (30 лет неканцерогены);

EF — частота воздействия, дней/год (350 дней в год);

BW — масса тела, кг (70 кг);

AT — период осреднения экспозиции, лет (30 лет неканцерогены);

365 — число дней в году.

Таблица 1 — Средние суточные потенциальные дозы перорального поступления нитратов с водой в течение жизни на территориях сельских исполнительных комитетов Бобруйского района

Административные территории Бобруйского района (сельсоветы)	Средние суточные потенциальные дозы
Бобруйский район	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,998
по Бортниковскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 1,045
по Брожскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,928
по Вишневному	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,920
по Воротынскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 1,333
по Глушанскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,817
по Горбацевичскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,904
по Ковалевскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,994
по Слободковскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,756
по Сычковскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 1,159
по Телушскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 1,175
по Химовскому	LADD (за 2007–2021 гг.) = 0,793

### ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ «ДОЗА-ОТВЕТ»

Для химических веществ, не обладающих канцерогенным механизмом воздействия, учитывается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают. Оценка воздействия данных химических веществ может проводиться путем сопоставления анализируемого уровня воздействия на человека с величиной референтной дозы.

$$RfD = (RfC \times IR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365) = (45 \times 2 \times 30 \times 350) / (70 \times 30 \times 365) = 1,23 \text{ мг}/(\text{кг} \times \text{сут}), \quad (2)$$

где RfD — референтная доза, мг/(кг × сут);

RfC — референтная концентрация химического вещества в питьевой воде, мг/л;

IR — скорость поступления воздействующей среды (величина водопотребления, л/сут);

ED — продолжительность воздействия, лет;

EF — частота воздействия, дней/год;

BW — масса тела, кг;

AT — период осреднения экспозиции, лет;

365 — число дней в году.

Полученное таким образом значение референтного уровня воздействия (1,23 мг/(кг × сут)) используется в дальнейшем для расчета коэффициента опасности (далее — HQ). RfD\* — референтная доза, установленная в зарубежных странах, — для нитратов составляет 1,6 мг/кг.

## ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА

Для веществ, обладающих неканцерогенным механизмом воздействия, характеристика риска предполагает расчет: коэффициента опасности (таблица 2); потенциального риска немедленного действия (далее — Prob) и потенциального риска длительного (хронического) воздействия (далее — Risk) (таблица 3).

HQ рассчитывается по формуле (3):

$$HQ \text{ (за 2007–2021 гг.)} = AD / RfD, \quad (3)$$

где AD — оцениваемая доза химического вещества в воде, мг/кг;

RfD — референтная (безопасная) доза, мг/кг.

Таблица 2 — Коэффициент опасности

Административные территории Бобруйского района (сельсоветы)	Коэффициент опасности
Бобруйский район	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,81
по Бортниковскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,85
по Брожскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,75
по Вишневскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,75
по Воротынскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 1,08
по Глушанскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,66
по Горбацевичскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,73
по Ковалевскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,81
по Слободковскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,61
по Сычковскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,94
по Телушскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,95
по Химовскому	HQ (за 2007–2021 гг.) = 0,64

При коэффициенте опасности, равном или меньше 1,0, риск вредных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый. По результатам расчетов, при регулярном потреблении питьевой воды, содержащей нитраты, коэффициент опасности развития неонкологического заболевания составляет от 0,61 (Слободковский с/с) до 0,95 (Телушский с/с), т. е. меньше 1,0, поэтому риск вредных эффектов рассматривается как пренебрежимо малый. На территории Воротынского с/с коэффициент опасности развития неонкологического заболевания составляет от 1,08, в связи с чем вероятность развития вредных эффектов возрастает.

Таблица 3 — Потенциальный риск немедленного действия и длительного (хронического) воздействия

Административные территории Бобруйского района (сельсоветы)	Потенциальный риск немедленного действия	Потенциальный риск длительного (хронического) воздействия
Бобруйский район	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,31	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0106
по Бортниковскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,24	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0126
по Брожскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,41	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0080
по Вишневскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,42	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0077
по Воротынскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -1,89	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0295
по Глушанскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,59	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0047
по Горбацевичскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,45	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0072
по Ковалевскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,31	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0104
по Слободковскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,70	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0034
по Сычковскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,09	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0184
по Телушскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,07	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0193
по Химовскому	Prob (за 2007–2021 гг.) = -2,64	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0042

## ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА НЕМЕДЛЕННОГО И ДЛИТЕЛЬНОГО (ХРОНИЧЕСКОГО) ДЕЙСТВИЯ

Величина потенциального риска немедленного действия составила в пределах до 2% (или до 0,02 в долях единицы) и рассматривается как приемлемый риск, так как при этом практически исключается рост заболеваемости населения, состояние дискомфорта, связанное с воздействием оцениваемого фактора (нитраты), может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.

Величина потенциального риска длительного (хронического) воздействия составила в пределах до 5% (или до 0,05 в долях единицы) по эффектам неспецифического действия и рассматривается как приемлемый риск, при данном уровне риска, как правило, отсутствуют неблагоприятные медико-экологические тенденции.

Анализ оценки риска показал, что наиболее высокие показатели выявлены в Воротынском, Телушском и Сычковском сельских исполкомах и поэтому не исключены возможные случаи жалоб населения данных административных территорий на различные дискомфортные состояния у особо чувствительных людей, связанные с воздействием оцениваемого фактора (нитраты).

Данные о потенциальном риске неспецифических токсических эффектов, связанных с регулярным потреблением загрязненной нитратами питьевой воды на территориях сельских советов Бобруйского района, приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Потенциальный риск неспецифических токсических эффектов

Административные территории Бобруйского района (сельсоветы)	Вероятность развития неспецифических токсических эффектов при хронической интоксикации
Бобруйский район	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0140
по Бортниковскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0147
по Брожскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0130
по Вишневному	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0129
по Воротынскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0187
по Глушанскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0115
по Горбачевичскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0127
по Ковалевскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0140
по Слободковскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0106
по Сычковскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0163
по Телушскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0165
по Химовскому	Risk (за 2007–2021 гг.) = 0,0112

## ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО РИСКА НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ ТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Величина потенциального риска неспецифических токсических эффектов составила в пределах до 5% (или до 0,05 в долях единицы) и рассматривается как приемлемый риск. При данном уровне риска, как правило, отсутствуют неблагоприятные медико-экологические тенденции. Но так как уровень общетоксического риска от употребления питьевой воды, загрязненной нитратами, в данных сельских исполкомах не высок, как правило тенденция к росту общей заболеваемости, обычно отслеживаемая по данным медицинской статистики или при проведении специальных исследований, не носит достоверного характера.

Анализ величины потенциального риска для здоровья населения на территориях сельских исполнительных комитетов Бобруйского района при регулярном потреблении питьевой воды, содержащей нитраты, проведенный за период 2017–2021 гг., показал, что величина потенциального риска немедленного действия и длительного (хронического) воздействия, а также величина потенциального риска неспецифических токсических эффектов рассматриваются как приемлемый риск, при этом практически исключается рост заболеваемости населения, связанный с воздействием оцениваемого фактора, а состояние дискомфорта может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.

Поступила 09.09.2022

# ПРИМЕНЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

<sup>1</sup>Юдин А. С., к. м. н., [yudin@bionet.nsc.ru](mailto:yudin@bionet.nsc.ru),

<sup>1</sup>Ступа С. С., [stupa\\_s73@mail.ru](mailto:stupa_s73@mail.ru),

<sup>2</sup>Огудов А. С., [ogudov.tox@yandex.ru](mailto:ogudov.tox@yandex.ru),

<sup>2</sup>Чуенко Н. Ф., [natali26.01.1983@yandex.ru](mailto:natali26.01.1983@yandex.ru),

<sup>2</sup>Белова А. С., [belova\\_as@niig.su](mailto:belova_as@niig.su)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области», г. Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Новосибирск, Россия

Вода имеет огромное значение для нормальной жизнедеятельности человека: она составляет основу внутренней среды, входит в состав всех его органов и тканей. Вода создает условия и в значительной мере определяет количественные параметры двух важнейших констант организма — кислотно-основного и осмотического равновесия, оказывает влияние на скорость и направление биохимических реакций, участвует в процессах гидролиза жиров и углеводов, дезаминировании аминокислот, в гидролитических и других реакциях обмена. С помощью воды во все клетки организма транспортируются биологически необходимые пластические и энергетические материалы, выводятся продукты обмена, поддерживается нормальная структура и жизнедеятельность всех тканей организма. Помимо физиологического, вода имеет важное гигиеническое и народно-хозяйственное значение [1].

При обеспечении населения доброкачественной питьевой водой важнейшей задачей является выбор критериев, характеризующих опасность и безвредность воды для человека с точки зрения гигиены. Эта проблема тесно связана с развитием методологии гигиенического нормирования и повышением надежности гигиенических нормативов. Одним из перспективных путей совершенствования нормативной базы в области гигиены воды является ее гармонизация с требованиями международных организаций (ВОЗ, ЕС и др.) и стандартами качества питьевой воды [2].

Нормы водопотребления колеблются в широких пределах, что обусловливается различной величиной составляющих компонент. С этой точки зрения потребность в воде разделяется на физиологическую, хозяйственно-бытовую и техническую. Две последние компоненты являются наиболее изменчивыми, зависящими от уровня коммунального благоустройства и возможностей водообеспечения. Физиологическая потребность организма человека удовлетворяется водой для питья, различными напитками и водой, входящей в состав пищевых продуктов и готовой пищи. Кроме того, в процессе метаболизма в результате окислительно-восстановительных процессов образуется от 300 до 400 г воды (каждый грамм окисленных в организме углеводов дает 0,56 г воды, грамм белка — 0,41 г, один грамм жира — 1,07 г воды, в целом, ориентировочно, — 12 мл на 100 ккал усвоенной пищи). В обычных условиях (легкая работа, благоприятный микроклимат) взрослому человеку требуется 35–40 г воды на 1 кг массы тела. У детей эта потребность в 2–2,5 раза больше [1].

Нормальное потребление воды здоровым человеком составляет 2200–2500 мл в сутки. За минимальную суточную потребность в воде в неосложненных условиях, по данным ВОЗ, принято считать 1750 мл, в том числе 650 мл — питье, 750 мл — вода в составе пищи и 350 мл — вода окисления. Потребление воды и ее потери непосредственно связаны с интенсивностью энергетического обмена и питанием. Вода необходима для удаления избытка тепла, особенно в условиях, затрудняющих радиационный и конвекционный теплообмен организма со средой. В обычных условиях испарением обеспечивается 20–25 % суммарных теплотерь организма, но при высокой температуре воздуха этот путь теплоотдачи становится ведущим. Интенсивная физическая работа при температуре воздуха 30 °С и выше требует испарения 1,0–1,5 л пота в час, что обуславливает влагопотери до 10–12 л/сут. Несвоевременное или недостаточное возмещение потерь жидкости с потом может привести к тяжелым последствиям — возникновению тепловых и дегидратационных поражений. С гигиенической точки зрения под качеством воды понимается совокупность свойств, определяющих ее пригодность для удовлетворения физиологических и хозяйственно-бытовых потребностей людей. Исходя из свойств, присущих чистой природной воде, доброкачественная вода должна быть прозрачной и бесцветной, не иметь посторонних привкусов и запахов, не содержать патогенных микро-

организмов и вредных для здоровья химических веществ. Как видно, качество воды определяется ее органолептическими свойствами, химическим составом и видом находящейся в ней микрофлоры. Для компетентной гигиенической оценки нужно знать, от чего зависят указанные выше свойства и в какой мере они оказывают влияние на качество воды [1].

В соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [3], приводятся следующие термины и определения:

– риск — вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда (ст. 2 Федерального закона «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 г.). Данное определение интегрирует несколько разноплановых понятий о риске (здоровью, экологический, поврежденный имущества), что соответствует совокупному риску;

– риск для здоровья — вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания;

– риск нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия населения — вероятность негативных изменений состояния здоровья населения или состояния здоровья будущих поколений, а также нарушений благоприятных условий жизнедеятельности человека (включая ухудшение условий и качества жизни, возникновение дискомфортных состояний и др.), обусловленная воздействием факторов среды обитания. Данное понятие имеет комплексный характер и включает в себя не только собственно риск здоровью, но и другие виды рисков (например, снижения качества жизни; развития дискомфортных состояний, непосредственно не связанных с изменениями здоровья человека).

Последнее определение в наибольшей степени соответствует ст. 19 Федерального закона № 52-ФЗ.

1. Питьевая вода должна быть безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредной по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

2. Индивидуальные предприниматели и юридические лица, осуществляющие эксплуатацию централизованных, нецентрализованных, домовых распределительных, автономных систем питьевого водоснабжения населения и систем питьевого водоснабжения на транспортных средствах, обязаны обеспечить соответствие качества питьевой воды указанных систем санитарным правилам.

Использование международного опыта в развитии и совершенствовании санитарного законодательства названо в числе основных задач санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации. Приказом Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 86 от 10.03.2010 создана межведомственная рабочая группа по гармонизации гигиенических нормативов.

Такие работы проводятся, но преимущественно они касаются канцерогенно опасных веществ, и преимущественно в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе. Методология оценки риска здоровью населения первоначально развивалась из оценки канцерогенных эффектов, поэтому и получила наибольшее развитие: установлена четкая градация уровней канцерогенного риска, определены их диапазоны, приемлемость и даже общее направление проведения мероприятий по уменьшению риска.

Несколько иначе рассматривается неканцерогенный риск. В соответствии с методологией оценки риска, которая подробно приводится в [4], критерием риска неканцерогенных эффектов является коэффициент опасности (далее — HQ) — отношение воздействующей дозы (или концентрации) химического вещества к его безопасному (референтному) уровню воздействия. Если рассчитанный HQ вещества не превышает единицу, то вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении вещества в течение жизни незначительна, и такое воздействие характеризуется как допустимое. Если коэффициент опасности превышает единицу, то вероятность возникновения вредных эффектов у человека возрастает пропорционально увеличению HQ, однако точно указать величину этой вероятности невозможно.

Если так регламентируется понятие риска на международном уровне, то обратимся к российским гигиеническим нормативам. В приложении 4 «Основные термины и понятия» приводится следующее определение: ПДК для воды водных объектов — максимальная концентрация вещества в воде, которая при поступлении в организм в течение всей жизни не должна оказывать прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в настоящем и последующем поколениях, в том числе в отдаленные сроки жизни, а также не ухудшать гигиенические условия водопользова-

ния. Прослеживается взаимосвязь с термином «риск нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия населения» [4].

По результатам проведенных гигиенических исследований с использованием данных социально-гигиенического мониторинга по оценке риска для здоровья населения Новосибирской области от поступления химических веществ с питьевой водой в 2016–2018 гг. уровни риска на территории области не превышают рекомендуемого допустимого (критерием риска неканцерогенных эффектов является коэффициент опасности HQ до 1 — единица). Вместе с тем санитарно-гигиеническая обстановка с водоснабжением в ряде населенных пунктов остается напряженной.

В соответствии с СанПиНом 1.2.3685–21 [4], который объединил в себе множество ранее действующих гигиенических нормативов и санитарных норм, используются три вида лимитирующих показателей вредности (пороговые концентрации, мг/л) для нормирования содержания вредных веществ в воде. Санитарно-токсикологический показатель исходит из токсического действия данного вещества на людей и животных; общесанитарный — нормирует влияние этого вещества на природные свойства водоема и его способность обезвреживать органические вещества; органолептический — характеризует вкус, запах, цвет воды.

Из рассматриваемых химических веществ, содержащихся в питьевой воде исследуемых населенных пунктов, аммиак, железо, марганец, нефтепродукты нормируются по органолептическому лимитирующему показателю вредности. Цинк нормируется по общесанитарному показателю. Нитраты, нитриты, бор и фториды имеют санитарно-токсикологический показатель вредности, т. е. они должны быть в первую очередь приняты для рассмотрения рисков здоровью населения от употребления питьевой воды с их содержанием.

С точки зрения соблюдения условий водоснабжения населения Новосибирской области по санитарно-токсикологическому показателю наиболее неблагоприятная ситуация складывается по содержанию бора, в первую очередь в населенных пунктах Чистоозерного (в среднем 7,6–10,8 ПДК) и Купинского районов (в среднем 3,5–6,0 ПДК), а также в с. Лепокурово Баганского района (2,33 ПДК) и в Чановском районе (1,4 ПДК). Повышенное содержание фторидов имеет место быть в Ордынском районе (с. Плотниково в среднем 2,8 ПДК), в р.п. Чаны (1,4 ПДК) и с. Варваровка и с. Романовка Чистоозерного района (1–1,15 ПДК). Содержание нитратов и нитритов преимущественно ниже ПДК, за исключением единичных населенных пунктов с периодическим максимальным содержанием аммиака 1,13–2,14 ПДК.

В большинстве рассматриваемых населенных пунктов уровни содержания железа и марганца в среднем достигают 2,2–12,4 и 1,2–9,1 ПДК соответственно. Как отмечалось, данные вещества нормируются по органолептическому лимитирующему показателю вредности. Согласно литературным данным, длительное употребление воды с содержанием железа более 0,3 мг/л приводит к заболеваниям печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на центральную нервную систему и репродуктивную функцию организма [5].

В рамках исследования было проведено сопоставление дозы поступления химических веществ с содержанием в питьевой воде на уровне установленных ПДК, рассчитанной согласно [2], с референтной (безопасной) дозой при пероральном поступлении. Так как коэффициент опасности на уровне до 1 указывает на отсутствие риска, то для получения токсического эффекта на уровне 1 HQ требуется содержание железа в питьевой воде с превышением 36,5 ПДК (сопоставимо с ранее приведенной концентрацией 10 мг/л). Тогда для других веществ, влияющих на органолептические свойства, требуется превышение: марганца — 51,1 ПДК, аммиака — 23,85 ПДК, нефтепродуктов и цинка (общесанитарный показатель) — 10,95 ПДК.

Гораздо более сопоставимы расчетные и референтные дозы для химических веществ, нормируемых по санитарно-гигиеническому показателю вредности: 1 HQ равен 1,11 ПДК нитритов, 1,3 ПДК нитратов, 1,46 ПДК фторидов.

Для принятия управленческих решений по улучшению водоснабжения населения рекомендуется:

- превышение гигиенических нормативов содержания химических веществ в питьевой воде является несоответствием санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам и, соответственно, ст. 19 Федерального закона № 52-ФЗ, что представляет риск для нарушения санитарно-эпидемиологического благополучия населения;

- оценка риска питьевой воды для здоровья населения должна проводиться по химическим веществам, нормируемым по санитарно-токсикологическому лимитирующему показателю вредности, и показателю неканцерогенного риска с учетом критических органов и систем при аддитивном воздействии нескольких веществ.

Мониторинг содержания вредных веществ в воде особенно необходим, поскольку они, как правило, недостаточно эффективно удаляются на водоочистных станциях и могут привести к поражению людей, а применение гигиенических нормативов и показателей неканцерогенного риска при оценке качества питьевой воды будет способствовать охране здоровья населения Российской Федерации.

### Литература

1. Военная гигиена: учебное пособие / О.А. Савченко [и др.]. — Омск: Изд-во ОмГА, 2021. — 180 с.
2. *Егорова, Н.А.* Методические основы гигиенической оценки качества воды: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.07 / Н.А. Егорова; ГУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАМН». — М., 2003. — 42 с.
3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920–04. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.
4. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685–21. — Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. — Дата доступа: 25.08.22.
5. *Манаков, Н. А.* О возможности мониторинга массовой концентрации железа в воде / Н.А. Манаков, А.В. Рачинских // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., Оренбург, 01–03 февраля 2012 г. / ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». — Оренбург: Университет, 2012. — С. 957–961.

Поступила 02.09.2022

## Раздел 1

# ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. ТЕЗИСЫ

## ASSESSMENT OF THE RISK OF DISEASE CONDITIONED BY THE INCORPORATION OF PESTICIDES

*Zavtoni M.N., Dr., mariana.zavtoni@ansp.gov.md*

National Agency for Public Health, Chisinau, Republic of Moldova

For the Republic of Moldova, such explorations in the field of the use of phytosanitary products — one of the main agrotechnical technologies of contemporary agriculture — are particularly relevant.

According to some data from the WHO, 70% of non-communicable pathologies are due to the chemical factor of the environment that has an effect on health. The chemical factor also includes pesticides. Research and studies on the health status of the population, depending on the impact of different environmental chemical factors, have determined the presence of harmful effects, being expressed by increasing morbidity, mortality and decreasing physical development. The universal character of the application of pesticides, sometimes without sufficient knowledge of their action and how to be safe against their toxic effect, has greatly influenced public opinion. The concern increased due, in particular, to the finding that the negative action of pesticides on the human body manifests itself after a long time, which was a basic axiom in this study.

We conducted survey among employees working with pesticide and general population. The risk for health associated with exposure to chemical substances for employees working with pesticides and for general population was assessed with the methodology developed by the US Agency for the Development of Environmental Protection Technologies. Level of risk associated with exposure was estimated by calculating relative risks (hereafter — RR).

The health assessment, according to the approved questionnaire, included 448 people. It was found that the persons professionally exposed to pesticides had 16 times higher probability to develop diseases of the blood and the hematopoietic organs; 6 times higher — for diseases of the nervous system (RR = 6); and 2,5 times higher — for diseases of the circulatory, respiratory and digestive systems, compared to unexposed persons.

Exposure-effect relationships elucidated in the current study confirm the hypothesis of the harmful impact of pesticides on the persons involved in the processes of their management and use and on the health of the population. As a result of the study, in order to sensitize the population and reduce morbidity, measures were developed to assess the risk and prevent the harmful action of pesticides both for employees in the agricultural field who have direct contact with phytosanitary products in the processes of treating plantations, as well as population.

Поступила 06.09.2022

## WATER SAFETY IN RELATION TO PESTICIDE USE IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA

*Zavtoni M.N., Dr., mariana.zavtoni@ansp.gov.md,*

*Bernic V.P., Dr., vladimir.bernic@ansp.gov.md,*

*Miron I.I., Dr., inga.miron@ansp.gov.md*

National Agency for Public Health, Chisinau, Republic of Moldova

The interactions between the environment and human health are extremely complex and difficult to assess. A clean environment is essential for human health and well-being. The most well-known impacts on health refer to ambient air pollution and poor water quality. Much less is known about the impacts

of dangerous chemical substances, pesticides, those that have an impact on health and especially on the endocrine system. Exposure to such substances is also an important cause for concern, and in everyday life, people can be exposed to a wide range through polluted air and water. Furthermore, the amount and variety of chemicals currently in use, and the continued growth of chemical production, suggest that human and water exposure will continue to increase. As a result, there are concerns about the health effects of exposure to chemicals, pesticides during life, especially during vulnerable periods, for example early childhood, pregnancy and old age. In Europe, environmental health, poor water quality, poor hygiene and hazardous chemicals are major concerns. The related health impacts mainly refer to respiratory and cardiovascular diseases, cancer, asthma and allergies, as well as reproductive system diseases and neurological developmental disorders. It should be mentioned here the use of pesticides, which should represent a concern for public health, because many of those used can affect the endocrine system, in other words, being categorized as endocrine disruptors. The consequences of the action of pesticides, including those that can affect the endocrine system, on the body can be apparent after a long period of exposure.

The study was carried out based on the analysis of national and international bibliographic sources in the relevant field, the evaluation of the statistical data of the National Bureau of Statistics of the Republic of Moldova, the National Agency for Public Health, the Ministry of Health of the Republic of Moldova, the National Agency for Food Safety.

Hygienic estimation of the level of exposure of the population to chemical pollutants that can affect the endocrine system has shown that in recent years human exposure to these priority chemicals has increased significantly and is occurring continuously. The Republic of Moldova is a country with an economy based predominantly on the agricultural sector, where a very wide spectrum of pesticides is used. Pesticides can enter waters by infiltrating the soil as a result of their use in the agricultural field, through rain, washing of the protective equipment used for application or cleaning of the containers in which these substances were in unauthorized places, reaching distances from the place where they were used.

The National Agency for Public Health of the Republic of Moldova monitors the management objectives of pesticides, surface sources of water supply, especially water intakes for the centralized supply of drinking water to the population, for chemical substances, including pesticides, in the context of reducing the risks for population health.

Following the hygienic assessment of the range the assortment and intensity of pesticide use, it was found that in 2021 2543,74 tons were used, compared to 2020, when 1907,2 tons of phytosanitary products were used in the country, their number being 971 and 1240 respectively.

As a result of the estimation of the results of the monitoring of the quality of drinking water from artesian wells for public use, in number of 3035, increased levels of non-compliance with chemical parameters were determined.

Thus, the results of the reports of the laboratory tests carried out by the laboratories of the National Agency for Public Health in the subordinate institutions, show that the samples not conforming to the Sanitary Norms to the chemical parameters taken and examined from the artesian wells constituted in 2021 an average of 71 %, validated compared to year 2020 at the same level — 71 %, and in 2019 it was recorded at 65,9%. It should be mentioned that the non-compliant quality of drinking water, the inequitable access to water are risk factors that can be prevented and managed.

In this context, we note that pesticides, including those that may act as endocrine disruptors, can be identified as substances of particular concern, alongside chemicals known to cause mutations, cancer and reproductive toxicity. Pesticides can cause, even in small quantities, endocrine effects, with an imbalance in the endocrine system, especially on some hormonal axes, such as the axis of stress hormones, for example, cortisol, ACTH, etc. The adverse effects of pesticides on population health, drinking water quality remain global challenges and sources of concern for the public health service. Improving the quality of the environment in essential areas, such as air, water, can prevent disease and improve people's health.

*Study carried out with the support of the project 20.80009.8007.35 «Estimation of the risk to human health attributed to exposure to priority chemical substances in the Republic of Moldova» within the State Program (2020–2023), project leader: PÎNZARU Iurie, contracting authority: National Agency for Research and Development.*

Поступила 09.09.2022

## **ВЫБОР РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

*Гриценко Т.Д., к.б.н., risk.factors@rspch.by,  
Просвирякова И.А., к.м.н., risk.factors@rspch.by,  
Пшегрода А.Е., risk.factors@rspch.by,  
Соколов С.М., д.м.н., профессор, risk.factors@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Оценка загрязнения воздуха населенных мест приобретает особую актуальность в тех случаях, когда в сложившихся условиях не удастся обеспечить соблюдение предельно допустимых концентраций (далее — ПДК). В таких ситуациях предполагается оценка загрязнения атмосферы в виде качественной характеристики его влияния на здоровье населения и установление количественной зависимости заболеваемости населения от суммарного загрязнения атмосферного воздуха комплексом веществ.

Для проведения сравнительного анализа загрязнения атмосферного воздуха территорий Республики Беларусь использована информация, содержащаяся в «Справках о значениях фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, метеорологических характеристиках и коэффициентах, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения природопользователя», формируемых ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по результатам многолетнего мониторинга качества атмосферного воздуха (далее — Справка о фоновых концентрациях).

Справки о фоновых концентрациях содержат информацию о значениях концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе при скорости ветра 0–2 м/с в сочетании с северным, восточным, южным и западным направлениями, а также при скорости ветра (по средним многолетним данным), повторяемость превышения которой составляет 5%. В качестве дополнительной информации приводятся метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы «А»; коэффициент рельефа местности; средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года и средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца.

В перечень веществ, включенных в сравнительный анализ фоновых концентраций, вошли: твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль), твердые частицы, фракции размером до 10 микрон, серы диоксид, углерода оксид, азота диоксид, фенол, аммиак, формальдегид, свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец), кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий), сероводород, бензол.

Сформированная база значений фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе включила в себя данные по 450 территориальным единицам, равномерно распределенным по территории Республики Беларусь. Территориальная единица включала в себя объект промышленности (крупный источник загрязнения атмосферного воздуха) и прилегающую территорию (представленную жилой застройкой), вместе объединенные в территориально-промышленную единицу. Распределение территориально-промышленных единиц по областям было следующее: Брестская область — 34; Витебская область — 39; Гомельская область — 43; Гродненская область — 39; Минская область — 222 (включая г. Минск); Могилевская область — 73. Статистический анализ включал в себя расчет описательных параметров (среднее, стандартное отклонение, медиана, мода, ошибка среднего, доверительный интервал, интерквартильный размах) и их сравнительный анализ.

Оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ проводилась на основании расчета величин комплексного показателя загрязнения атмосферы (далее — КИЗА) и комплексного показателя «Р», учитывающих кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере и позволяющих установить, во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает допустимое значение

по рассматриваемой совокупности примесей в целом, представлять уровень загрязнения воздуха комплексом веществ одним числом.

На этапе выбора территориально-промышленных единиц для дальнейшего исследования отобраны 22 территории со статистически значимыми различиями в уровнях фоновых концентраций, наибольшими уровнями загрязнения атмосферного воздуха и высокими значениями комплексных показателей оценки качества атмосферного воздуха. Сформирована база комплексных показателей оценки качества атмосферного воздуха, содержащая основные применяемые на сегодняшний день комплексные показатели, позволяющие проводить оценку качества атмосферного воздуха.

Полученные значения КИЗА варьировали от  $1,74 \pm 0,15$  до  $2,015 \pm 0,25$ , значения комплексного показателя «Р» от  $1,79 \pm 0,25$  до  $2,125 \pm 0,30$ . Статистически значимые отличия (при  $p < 0,05$ ) в максимальных значениях комплексных показателей «Р» и КИЗА установлены в г. Минске в районах ул. Вапшасова, ул. Уральская, ул. Тимирязева, ул. Минина и ул. Корженевского.

В атмосферном воздухе территориально-промышленных единиц средние значения концентраций загрязняющих веществ следующие: твердые частицы —  $79,26 \pm 5,05$  мкг/м<sup>3</sup>; твердые частицы, фракции размером до 10 микрон  $40,90 \pm 10,01$  мкг/м<sup>3</sup>; серы диоксид  $34,12 \pm 9,10$  мкг/м<sup>3</sup>; углерода оксид  $821,17 \pm 259,59$  мкг/м<sup>3</sup>; азота диоксид  $45,27 \pm 20,64$  мкг/м<sup>3</sup>; фенол  $2,95 \pm 0,75$  мкг/м<sup>3</sup>; аммиак  $52,38 \pm 7,82$  мкг/м<sup>3</sup>; формальдегид  $17,89 \pm 1,59$  мкг/м<sup>3</sup>; свинец и его неорганические соединения  $0,05 \pm 0,04$  мкг/м<sup>3</sup>; кадмий и его соединения  $0,01 \pm 0,003$  мкг/м<sup>3</sup>; сероводород  $2,92 \pm 0,17$  мкг/м<sup>3</sup>; бензол  $4,38 \pm 2,49$  мкг/м<sup>3</sup>.

В результате выполненного анализа установлено, что наибольшие и статистически значимые различия (при  $p < 0,05$ ) в уровнях фоновых концентраций твердых частиц фракции 10 мкм, азота диоксида и свинца и его неорганических соединений наблюдаются в г. Минске. Также высокие уровни фоновых концентраций загрязняющих веществ (средние значения) определены в Могилевской области, однако статистически значимых различий в данных уровнях не установлено. Статистически значимых различий в уровнях фоновых концентраций остальных загрязняющих веществ между областями Республики Беларусь не установлено. Минимальные значения фоновых концентраций твердых частиц суммарно, диоксида серы и бензола определены в Витебской области, однако полученные результаты статистически не значимые ( $p > 0,05$ ).

Расчет и оценка комплексных показателей «Р» и КИЗА загрязнения атмосферного воздуха являлись первым этапом эпидемиологического анализа заболеваемости населения, формирующейся при различных уровнях опасности загрязнения атмосферного воздуха. На основании значений комплексных показателей дана гигиеническая оценка влияния суммарного загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения и установлены количественные зависимости заболеваемости от суммарного загрязнения атмосферы комплексом веществ.

Таким образом, на основании проведенных исследований обоснован алгоритм выбора репрезентативных территориально-промышленных комплексов для проведения исследований в условиях многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха, позволяющий дать гигиеническую оценку загрязнения атмосферного воздуха и выполнить градацию популяционного здоровья в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха населенных мест.

Поступила 14.09.2022

## ОЦЕНКА АНТИМИКРОБНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

<sup>1</sup> Емельянова О. А., к. б. н., lee616@yandex.by,

<sup>1</sup> Дудчик Н. В., д. б. н., n\_dudchik@tut.by,

<sup>1</sup> Жабровская А. И., zh\_anastasia\_92@mail.ru,

<sup>2</sup> Казак А. В., a.pavlova@ifanbel.bas-net.by,

<sup>2</sup> Симончик Л. В., l.simonchik@ifanbel.bas-net.by

<sup>1</sup> Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Государственное научное учреждение «Институт физики имени Б.И. Степанова Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время существует практическая востребованность в новых эффективных инструментах инактивации микроорганизмов в газах, жидкостях и на поверхностях различных объектов, в том числе термочувствительных. Для данных задач может быть использована неравновесная плазма. Основными достоинствами данного физического фактора являются безопасность для человека, низкая проникающая способность и возможность обработки объектов при атмосферном давлении и температуре, близкой к комнатной. Для эффективного применения на практике источников плазмы, в том числе разработанных с использованием инновационных технологий, требуется оценить антимикробные эффекты при различных условиях обработки.

Исследование воздействия плазмы в отношении микроорганизмов выполняли путем облучения плазмой титановых пластин размером 40 × 40 мм, контаминированных штаммами микроорганизмов *Escherichia coli* ATCC 11229 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538. Область с нанесенными микроорганизмами обрабатывали плазмой в замкнутом объеме. В качестве рабочей среды при плазменном воздействии были использованы аргон, смесь аргона и пара, а также смесь аргона и воздуха.

Для определения количества выживших микроорганизмов контаминированные пластины после облучения помещали в стерильные чашки Петри, содержащие 10 мл стерильного фосфатного буфера с твином. Затем проводили серию десятикратных разведений смывной жидкости в стерильном фосфатном буфере с твином. Смыв и разведения по 0,1 мл высевали на питательные среды и инкубировали  $37 \pm 1$  °С в течение 18–24 часов. По окончании времени инкубирования проводили подсчет сформировавшихся колоний и рассчитывали антимикробную эффективность плазменного воздействия как разницу между числом клеток бактерий в опыте и контроле, выраженную в десятичных логарифмах.

Было выявлено, что обработка воздушной плазменной струей из аргона приводит к инактивации бактерий кишечной палочки. Антимикробная эффективность при 30 минутах воздействия составила 1,7 lg (КОЭ/мл). Для золотистого стафилококка данный вид обработки оказался неэффективным, и гибель клеток составила всего 0,2 lg (КОЭ/мл).

Выраженное бактерицидное действие отмечалось при использовании смеси из аргона и воздуха. Для обоих исследованных штаммов при 30 минутах экспозиции концентрация микроорганизмов на поверхности титановой пластины снижалась в 10 и более раз.

Наибольшей антимикробной эффективностью из исследованных плазменных сред характеризовалась смесь аргона и водяного пара. Воздействие на культуры микроорганизмов приводило к инактивации 2,2 lg клеток кишечной палочки и более 2,8 lg клеток золотистого стафилококка.

Таким образом, показано, что воздействие плазмы на микроорганизмы в условиях эксперимента приводило к их инактивации. При этом грамотрицательные бактерии демонстрировали более выраженную восприимчивость к воздействию аргоновой плазмы по сравнению с грамположительными и менее выраженную — к воздействию плазмы на основе смеси из аргона и пара и смеси из аргона и воздуха. Полученные результаты могут быть использованы при разработке методов низкотемпературной стерилизации различных объектов.

Поступила 14.09.2022

## МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

*Жабровская А. И., zh\_anastasia\_92@mail.ru,  
Дудчик Н. В., д. б. н., n\_dudchik@tut.by,  
Емельянова О. А., к. б. н., lee616@yandex.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Целью работы являлась оценка метрологических характеристик для методики измерений количества микроорганизмов в воздухе помещений организаций здравоохранения.

В методике измерений изложены процедуры отбора проб и подсчет выросших колоний, требования к применяемому оборудованию, питательные среды и реактивы, формулы перерасчета выросших колоний в  $1 \text{ м}^3$ , а также выражение результатов.

Данная методика направлена на предупреждение распространения микроорганизмов в воздухе помещений организаций здравоохранения и для контроля соблюдения гигиенических нормативов, устанавливающих допустимые значения санитарно-микробиологических показателей воздушной среды.

Методика измерений предназначена для применения в учреждениях (органах), осуществляющих государственный санитарный надзор, и иных организациях здравоохранения, научных организациях и учреждениях образования.

На базе лаборатории микробиологии республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (далее — Центр) была выполнена аттестация методики измерений методом подсчета колоний и расчет ее метрологических характеристик.

Моделирование микробных биоаэрозолей для проведения эксперимента по оценке показателей прецизионности выполняли в замкнутом боксе. Для создания микробного биоаэрозоля использовали типовые штаммы микроорганизмов из рабочей коллекции микроорганизмов лаборатории микробиологии Центра, а также штаммы микроорганизмов, выделенные в ходе мониторинга воздуха помещений организаций здравоохранения.

Создание мелкодисперсного микробного биоаэрозоля проводили путем распыления рабочей смеси штаммов с помощью небулайзера в течение 1 мин. В боксе распылением достигали трех уровней микробной нагрузки (уровень испытаний 1 :  $10\text{--}50 \text{ КОЕ/м}^3$ ; уровень испытаний 2 :  $50\text{--}500 \text{ КОЕ/м}^3$ ; уровень испытаний 3 :  $500\text{--}5500 \text{ КОЕ/м}^3$ ). Уровни микробной нагрузки рассчитывали с учетом max и min значений согласно таблице коррекции подсчета колоний, приведенной в руководстве пользователя к пробоотборнику воздуха с 219 отверстиями, а также с учетом гигиенического норматива. Отбор проб воздуха проводили в количестве  $250 \text{ дм}^3$  при помощи пробоотборника воздуха SAS SUPER 100 (PBI International, Италия).

Диапазон измерений количества микроорганизмов в воздухе помещений организаций здравоохранения в соответствии с данной методикой измерений составлял от 10 до  $5500 \text{ КОЕ/м}^3$ .

Для методики измерений были рассчитаны значения показателей прецизионности (стандартное отклонение повторяемости —  $0,068 \log_{10} (\text{КОЕ/м}^3)$ , предел повторяемости —  $0,19 \log_{10} (\text{КОЕ/м}^3)$ , стандартное отклонение промежуточной прецизионности —  $0,10 \log_{10} (\text{КОЕ/м}^3)$ , предел промежуточной прецизионности —  $0,28 \log_{10} (\text{КОЕ/м}^3)$ ) и расширенной неопределенности —  $0,20 \log_{10} (\text{КОЕ/м}^3)$ , при уровне доверия  $P = 0,95$  и коэффициенте охвата  $k = 2$ .

Метрологические характеристики, полученные с помощью данной методики измерений, могут использоваться для выражения и подсчета результатов количества микроорганизмов в воздухе помещений организаций здравоохранения.

Поступила 14.09.2022

## ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ МИКРОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА

*Никитина В.Н., д.м.н., v.nikitina@s-znc.ru,  
Ляшко Г.Г., к.м.н., g.lyashko@s-znc.ru,  
Калинина Н.И., к.м.н., n.kalinina@s-znc.ru,  
Дубровская Е.Н., nikanorushka@mail.ru,  
Плеханов В.П., v.plehanov@s-znc.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

В работе рассматривается комплекс актуальных взаимосвязанных теоретических и практических научных проблем в области обеспечения электромагнитной безопасности населения при эксплуатации радиоэлектронных средств (далее — РЭС), антенны которых создают электромагнитные поля (далее — ЭМП) микроволнового диапазона (300 МГц — 300 ГГц) на селитебных территориях. В основе защиты населения от неблагоприятного воздействия ЭМП лежат гигиенические нормативы и контроль их выполнения. При установлении гигиенических нормативов важнейшей является методология научного обоснования допустимых уровней ЭМП. Анализ зарубежной литературы свидетельствует о существенных отличиях в регламентах фактора различных стран, однако практически нет публикаций по методологии нормирования ЭМП, являющейся актуальной научной проблемой. На сегодня существуют два принципиальных подхода к определению допустимых значений ЭМП. Первый подход предусматривает использование в качестве критерия нормирования тепловой эффект ЭМП. Такой подход используется Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (далее — ICNIRP). В его основе лежит определение поглощенной энергии тканями с различной удельной электропроводностью, с использованием теоретических расчетов и лабораторных исследований на фантомах. Предлагаемые ICNIRP регламенты ЭМП носят рекомендательный характер. Второй подход учитывает изменения со стороны систем организма, наиболее чувствительных к воздействию ЭМП и был использован при научном обосновании отечественных предельно допустимых уровней ЭМП. Детально теоретические вопросы гигиенического нормирования ЭМП нетепловой интенсивности были разработаны в Советском Союзе. Однако современный этап развития и применения излучающей техники требует развития теории гигиенического нормирования ЭМП в условиях сложной электромагнитной обстановки, создаваемой множеством РЭС различного назначения с разнообразными характеристиками радиочастотных сигналов, существенных для биологического действия ЭМП. Решающую роль при научном обосновании ПДУ ЭМП играют экспериментальные исследования на животных. Соответственно возникают сложности с моделированием реальных условий воздействия ЭМП в экспериментах по изучению биологического действия. Выполняемые точечные однократные кратковременные измерения и расчетное прогнозирование уровней электромагнитных полей, создаваемых антеннами телекоммуникационных систем, не дают представления о реальной сложной электромагнитной обстановке в зонах пребывания людей. Однако для некоторых типов антенн методики расчетного прогнозирования ЭМП не утверждены. Имеют место сложности с аппаратным обеспечением измерения ЭМП радиочастот некоторых типов излучающего оборудования, в частности современных радиолокационных станций. Для оценки сложной электромагнитной обстановки в условиях городской среды требуются селективные средства измерения, позволяющие идентифицировать источники ЭМП РЧ. Это лишь некоторые проблемы в обеспечении электромагнитной безопасности. Они сформулированы на основании анализа методологии гигиенического нормирования, состояния практической деятельности по контролю уровней ЭМП, научной литературы и отражают сложившиеся глубокие противоречия в рассматриваемой проблеме. Для их решения требуется проведение организационных мероприятий по междисциплинарному и межведомственному взаимодействию, финансированию научных работ по основным направлениям обеспечения электромагнитной безопасности.

Поступила 02.09.2022

## **ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЕВ СМЕРТНОСТИ (ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ) НАСЕЛЕНИЯ**

*Просвирякова И.А., к.м.н., risk.factors@rspch.by,*

*Гриценко Т.Д., к.б.н., risk.factors@rspch.by,*

*Пшегрода А.Е., risk.factors@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В настоящее время опубликовано много научных работ, посвященных исследованию связи мелкодисперсных твердых частиц в атмосферном воздухе и смертности (заболеваемости) населения. Существует мнение, что рост смертности от болезней органов дыхания связан с увеличением концентраций в атмосферном воздухе твердых частиц, которые могут способствовать формированию неблагоприятных эффектов для здоровья в зависимости от их химического состава и дисперсности. Доказано влияние мелкодисперсных твердых частиц на показатели общей смертности, а также смертности от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы [ВОЗ, 2004, 2013].

Согласно имеющимся оценкам, воздействие мелкодисперсных твердых частиц является во всем мире причиной примерно 3% случаев смерти от заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и 5% случаев смерти непосредственно от рака легкого. Отмечается, что при увеличении концентрации твердых частиц дисперсностью 10 микрон (далее — PM10) на 10 мкг/м<sup>3</sup> общая суточная смертность возрастает на 0,2–0,6%. В условиях хронической экспозиции каждое повышение концентрации твердых частиц дисперсностью 2,5 микрон (далее — PM2,5) на 10 мкг/м<sup>3</sup> сопряжено с ростом смертности от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы на 6–13%. Особенно уязвимыми являются чувствительные группы людей, страдающие заболеваниями легких или сердца, а также люди пожилого возраста и дети. Результатом исследований влияния PM2,5, находящихся в воздухе, на здоровье пожилых людей стало доказательство того, что данное влияние является значительным и составляет 5,4% смертей от всех причин, 8,1% смертей, связанных с кровеносной системой, и 10,9% смертей, связанных с респираторными заболеваниями [ВОЗ, 2004, 2013].

На сегодняшний день загрязнение воздуха (атмосферного и внутри помещений) признано основным внешнесредовым фактором риска развития неинфекционных заболеваний. Самые распространенные причины преждевременной смерти, ассоциированные с загрязнением воздуха, — инсульт и ишемическая болезнь сердца (72%), хроническая обструктивная болезнь легких и рак легкого. Международное агентство по изучению рака относит загрязнение воздуха в целом и твердыми частицами к доказанным канцерогенам [С.А. Pore, 1995].

Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. корреспондирует с глобальными Целями устойчивого развития (далее — ЦУР) — актуальной задачей ЦУР Республики Беларусь до 2030 г. является существенное сокращение количества случаев смерти и заболеваний в результате воздействия опасных химических веществ, загрязнения и отравления воздуха.

Министерство здравоохранения Республики Беларусь определено на национальном уровне ответственным за мониторинг достижения ЦУР 3. «Хорошее здоровье и благополучие», ЦУР 7. «Недорогостоящая и чистая энергия», ЦУР 11. «Устойчивые города и населенные пункты»; в частности, за Министерством здравоохранения Республики Беларусь закреплены формирование, реализация и предоставление данных на Национальной платформе ЦУР по индикатору, связанному с воздействием на здоровье загрязнения атмосферного воздуха — 3.9.1 (Смертность от загрязнения воздуха в жилых помещениях и атмосферного воздуха, на 100 000 населения). По состоянию на 2019 г. значение данного индикатора составляло 31,7.

Для формирования ретроспективного ряда данных на Национальной платформе ЦУР, согласно международной методологии, по индикатору ЦУР 3.9.1 использовались данные Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь о загрязнении атмосферного воздуха Республики Беларусь мелкодисперсными твердыми частицами PM10 и PM2,5, а также Национального статистического комитета Республики Беларусь о смертности (заболеваемости) населения от болезней органов дыхания (код МКБ-10 J20-J22, J43-J46), новообразований (код МКБ-10 C33, C34)

и болезней системы кровообращения (код МКБ-10 I21-I23, I25.0A,2A-6A,8A,9A, I25.0B,2B-6B,8B,9B, I60-I64, I67).

При проведении расчетов по индикатору ЦУР 3.9.1 применялись данные Всемирной организации здравоохранения о величине популяционной атрибутивной фракции (этиологическая фракция), представляющей долю всех случаев смерти (заболевания) в экспонированной популяции, отнесенных за счет воздействия фактора риска, в данном случае загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными частицами, при допущении наличия причинной связи. Значение популяционной атрибутивной фракции составило: 0,12 — в отношении хронических обструктивных заболеваний легких, эмфиземы, бронхиальной астмы; 0,16 — в отношении острых респираторных инфекций нижних дыхательных путей (острые бронхит и бронхиолит); 0,07 — злокачественных новообразований трахеи, бронхов, легких; 0,19 — остро и повторно инфаркта миокарда, других форм острой и хронической ишемической болезни сердца; 0,11 — субарахноидального кровоизлияния, внутримозговых и других внутричерепных кровоизлияний, инфаркта мозга, инсульта, не уточненного как кровоизлияние или инфаркт.

В Республике Беларусь наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха PM10 обеспечивают 19 стационарных постов наблюдений (станции автоматического контроля) Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. Измерения проводятся круглосуточно в непрерывном режиме. Содержание в атмосферном воздухе PM2,5 контролируется станциями автоматического контроля в г. Минске и г. Жлобине. Согласно результатам исследований, в 2021 г. среднегодовые концентрации PM10 варьировали от 10 мкг/м<sup>3</sup> в г. Полоцке до 37,2 мкг/м<sup>3</sup> в г. Гомеле, среднегодовые концентрации PM2,5 составили 24 мкг/м<sup>3</sup> в г. Жлобине и 12 мкг/м<sup>3</sup> в г. Минске (ПДКс.г. PM10–40 мкг/м<sup>3</sup>, ПДКс.г. PM2,5–15 мкг/м<sup>3</sup>).

На основании данных мониторинга загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов мелкодисперсными твердыми частицами рассчитывался «прокси-показатель» ЦУР 3.9.1 «Коэффициент опасности длительного (хронического) воздействия» (далее — HQ), отражающий уровень риска здоровью от загрязнения атмосферного воздуха. В 2001 г. HQPM10 оценивался как «низкий (минимальный)» и составил в г. Полоцке — 0,25; г. Гродно — 0,35; г. Витебске — 0,43; г. Могилеве и г. Жлобине — 0,6; г. Гомеле — 0,93. HQPM2,5 характеризовался «средним» уровнем в г. Жлобине (1,6) и «низким (минимальным)» уровнем в г. Минске (0,8).

Таким образом, разработанный метод оценки риска здоровью населения, обусловленного воздействием мелкодисперсных твердых частиц в атмосферном воздухе населенных пунктов, позволяет оценить потенциальный уровень риска формирования дополнительных случаев заболеваний (смерти) от загрязнения атмосферного воздуха и может быть использован для формирования базы данных по обеспечению методического сопровождения показателей ЦУР.

Поступила 14.09.2022

## **ВЛИЯНИЕ ДИЕТ-ИНДУЦИРОВАННОГО ОЖИРЕНИЯ НА МИКРОФЛОРУ КИШЕЧНИКА И СПОСОБЫ ЕГО КОРРЕКЦИИ**

*Пыж А. Э., к. б. н., [hanna.pyzh@gmail.com](mailto:hanna.pyzh@gmail.com),*

*Митюкова Т. А., к. б. н.,*

*Рудниченко Ю. А., к. б. н.,*

*Полулях О. А.*

Государственное научное учреждение «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время известно, что изменение микрофлоры кишечника при помощи диет, антибиотиков, пре- и пробиотиков может предотвратить различные метаболические нарушения. Состав микрофлоры взаимосвязан с массой тела, увеличением веса и метаболическими маркерами ожирения и метаболического синдрома. Понимание природы связи между рационом питания, пищеварительной и иммунной системами организма расширяет представления о механизмах развития ожирения, его последствий и путях их модификации. В этом аспекте представляется актуальным изучить влияние диет-индуцированного ожирения на микрофлору кишечника крыс и оценить способы его коррекции.

Эксперимент проводился на 80 половозрелых самцах крыс линии Вистар и состоял из 2 этапов. На первом этапе (8 недель) группа контроля получала стандартную диету вивария, а экспериментальная группа — высококалорийную диету (далее — ВКД): дополнительно к стандартному пищевому рациону вивария 45 % (от суточной калорийности) жиров в виде свиного сала, питьевая вода замещалась 10% раствором фруктозы. На втором этапе (8 недель) контрольная группа была разделена на две подгруппы, крысы второй подгруппы были подвергнуты умеренным физическим нагрузкам в виде дозированного бега на тредмиле. Группа ВКД была разделена на две части — первая осталась на ВКД, а вторая перешла на стандартную диету. Каждая часть была разделена на 2 подгруппы таким образом, чтобы половина крыс тренировалась на тредмиле. Задачи эксперимента заключались в оценке влияния умеренной физической нагрузки на крыс в зависимости от рациона питания и сравнении этих воздействий.

Установлено, что высококалорийная диета влечет изменение структуры микробиоценоза кишечника. Выявлен избыточный рост энтеробактерий, энтерококков и дрожжеподобных грибов в кишечнике крыс-самцов линии Вистар, находившихся на высококалорийной диете, что предрасполагает к микробиологическим нарушениям.

Отмена высококалорийного питания с переходом на сбалансированную диету сопровождается нормализацией массы висцерального жира, лактобактерий и эшерихий в кишечнике.

Влияние физической нагрузки при стандартном рационе питания заключалось в приросте дрожжеподобных грибов *Candida albicans*, тогда как при высококалорийном питании отмечалось существенное уменьшение грибов *Candida albicans* в сравнении с контролем.

В группе сочетанной коррекции ожирения путем перехода от высококалорийной диеты к сбалансированному питанию с подключением физических нагрузок наблюдался прирост титра бифидобактерий и снижение титра энтерококков.

Результаты проведенных исследований демонстрируют благоприятное влияние умеренной физической нагрузки на микрофлору толстого кишечника крыс при длительном избыточном высококалорийном питании и при переходе к сбалансированному питанию.

Детальное определение роли микроорганизмов кишечника и физической нагрузки в регуляции процессов, обусловленных характером питания, позволит не только выяснить патогенетические аспекты ожирения, но и изыскать способы коррекции метаболических нарушений.

Поступила 12.09.2022

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТАЮЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

<sup>1</sup> Рубцова Н. Б., д. б. н., профессор, [rubtsovanb@yandex.ru](mailto:rubtsovanb@yandex.ru),

<sup>1</sup> Белая О. В., к. б. н., [ogabelaya@gmail.com](mailto:ogabelaya@gmail.com),

<sup>2</sup> Токарский А. Ю., д. техн. н., доцент, [tokar48@mail.ru](mailto:tokar48@mail.ru),

<sup>3</sup> Шпиньков В. И., [shvi@ibrae.ac.ru](mailto:shvi@ibrae.ac.ru)

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup> Акционерное общество «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», г. Москва, Россия;

<sup>3</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук», г. Москва, Россия

Обеспечение электромагнитной безопасности (далее — ЭМБ) работающих и населения осуществляется как в Российской Федерации (далее — РФ), так и во всех других странах путем соблюдения гигиенических регламентов. В РФ гигиенические нормативы электромагнитных полей (далее — ЭМП) основываются на проведении комплексных гигиенических, клинико-физиологических, эпидемиологических и экспериментальных исследований с учетом результатов, опубликованных во всем мире в рецензируемых изданиях.

В настоящее время гигиеническая регламентация производственных и внепроизводственных воздействий электромагнитных полей в РФ осуществляется в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для

человека факторов среды обитания», в котором представлены нормативы всего комплекса факторов не только производственной, но и окружающей среды. Как и ранее, в нем представлены предельно допустимые уровни электростатического поля; постоянного магнитного поля (производственные воздействия); синусоидального электрического и магнитного полей промышленной частоты (50 Гц); импульсного магнитного поля частотой 50 Гц (производственные воздействия); электрического и магнитного поля (далее — ЭП и МП) диапазона частот 10 кГц — 30 кГц (производственные воздействия); ЭМП диапазона частот  $\geq 30$  кГц — 300 МГц (для условий производственных воздействий для части диапазонов по электрической и магнитной составляющим, а для внепроизводственных — только по электрической составляющей); ЭМП диапазона частот  $\geq 300$  МГц — 300 ГГц; гипогомагнитного поля и импульсных (ультраширокополосных) ЭМП, создаваемых при работе установок и технических средств специального назначения.

По-прежнему отсутствует гигиеническая регламентация производственных воздействий ЭП и МП в диапазонах частот от  $> 0$  Гц до  $< 50$  Гц и от  $> 50$  Гц до  $< 10$  кГц; вопросы нормирования импульсных МП в этих диапазонах частот вообще не рассмотрены. Практически отсутствуют принципы и методы контроля импульсных ЭМП различных частотных диапазонов, так же как и вопросы сочетанного их действия на лиц, профессионально связанных с обслуживанием и эксплуатацией их источников. В настоящее время особого внимания заслуживают вопросы гигиенического нормирования и контроля ЭП, МП и ЭМП высоких уровней и неотнормированных режимов генерации, а также вопросы совершенствования принципов снижения степени их воздействия на работающих.

В этих направлениях особого внимания заслуживают 3 достаточно новых направления проблемы обеспечения сохранения здоровья работающих и населения при воздействии ЭМП.

Одним из них являются МП, генерируемые электроустановками сверхвысокого напряжения, в первую очередь электросетевых объектов. Электромагнитная безопасность электросетевых объектов обеспечивается за счет снижения рисков неблагоприятного влияния на человека и окружающую среду генерируемых этими объектами ЭП и МП промышленной частоты (далее — ПЧ — 50 Гц). Наибольший интерес в этом аспекте представляют воздушные и кабельные линии электропередачи. ЭМБ обеспечивается как наличием гигиенических нормативов ЭП и МП ПЧ, так и созданием для воздушных линий электропередачи (далее — ВЛ) санитарно-защитных зон (далее — СЗЗ) — санитарных разрывов, на границах которых уровни ЭП не должны превышать нормативных значений, установленных для селитебных территорий. Однако при определении границ этих полос отчуждения вклад МП не учитывается. В РФ параллельно существуют нормативные значения границ СЗЗ для ВЛ 330–1150 кВ и охранных зон (далее — ОЗ) для ВЛ и кабельных линий электропередачи (далее — КЛ) напряжением выше 1 кВ, которые также не учитывают МП. Для КЛ СЗЗ не определены, установлены лишь ОЗ, что не обеспечивает защиты населения расстоянием от неблагоприятного влияния МП ПЧ КЛ, в частности, в случаях замены ВЛ напряжением 110, 220, 330 и 500 кВ на КЛ этих же классов напряжения. Дополнительной проблемой для решения вопросов электромагнитной безопасности является недостаточная разработанность математических методов определения значений напряженности МП, создаваемых КЛ, определяющих глущину их прокладки.

Вторая крайне значимая проблема связана с развитием систем сотовой связи поколения 5G совместно с действующими стандартами поколений 2G–4G. Эта проблема активно исследуется во всем мире, особенно в части гигиенической регламентации и контроля ЭМП. В то же время как в Российской Федерации, так и за рубежом отсутствует единое понимание степени риска для здоровья населения ЭМП, генерируемых при внедрении систем связи 5G, по сравнению с действующими системами 2G–4G. Контроль ЭМП, создаваемых базовыми станциями (далее — БС) сетей действующих и перспективных стандартов, требует соответствующей методологии измерений и оценки уровней ЭМП в диапазоне частот выше 300 МГц. Наличие нескольких источников ЭМП создает сложный спектральный электромагнитный фон, причем стохастичность работы БС сетей подвижной радиотелефонной связи (далее — ПРТС) затрудняет реальную оценку уровней ЭМП, действующих на население.

Гигиеническая оценка условий экспозиции населения ЭМП, создаваемыми БС сетей ПРТС современных стандартов, должна учитывать частотные, временные и пространственные параметры ЭМП БС, обусловленные одновременной работой мобильных сетей поколений 2G–5G. На современном этапе внедрения и эксплуатации систем мобильной связи 5-го поколения комплексная оценка условий экспозиции ЭМП должна основываться как на широкополосных, так и на селективных измерениях по отдельным частотным диапазонам (частотно-селективные измерения) или отдельным стандартам (кодо-селективные измерения). Для объективной оценки условий экспозиции необходимым условием является перспективное применение селективных измерений в дополнение к ши-

рокопосным, в частности для охвата всех стандартов радиосвязи поколений 2G–5G. Возможность применения подобного подхода требует соответствующего нормативно-методического обеспечения в части технических параметров БС сетей ПРТС, критериев и порядка контроля.

И еще совершенно новое направление. В настоящее время в РФ начата реализация Федерального проекта «Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий», ориентированного на реализацию существенного шага в решении проблемы освоения и использования термоядерной энергии — самой амбициозной задачи, поставленной человечеством в XX в. В рамках федерального проекта планируется создать, реконструировать и технически перевооружить объекты экспериментально-стендовой и опытно-демонстрационной базы для проведения исследований и разработок в области управляемого термоядерного синтеза и плазменных технологий и разработать термоядерные и плазменные технологии. В этих установках широкое применение получают высокоинтенсивные магнитные поля (постоянные, квазипостоянные, импульсные), электромагнитные поля широкого диапазона частот (от электрических и магнитных полей частотой 50 Гц до ЭМП сверх- и гипервысокочастотного диапазона) и режимов генерации. Они однозначно являются вредными факторами производственной среды, а развитие новых технологий требует совершенствования принципов и критериев их нормирования и контроля, так как персонал на рабочих местах может подвергаться воздействию неионизирующих полей и излучений ранее неизвестных и неотнормированных режимов генерации.

Выполненные выборочные исследования по оценке уровней отдельных образцов новых установок управляемого термоядерного синтеза показывают необходимость разработки новых критериев методического обеспечения контроля неионизирующих полей и излучений на рабочих местах, включающих не только разработки самостоятельных методик и протоколов их гигиенической оценки, но и совершенствование критериев и методов оценки (в том числе и с привлечением методов численного моделирования характера биологического действия неионизирующих полей и излучений).

Поступила 07.09.2022

## **МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В КРЫМУ**

*Шибанов С. Э., д.м.н., профессор, seshibanov@mail.ru*

Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

В последние годы все большее внимание специалистов уделяется проблемам медицинской экологии и медицине окружающей среды, что связано с возрастающим влиянием качества окружающей среды на состояние здоровья населения и повышением частоты экологически зависимых заболеваний у людей.

Известно, что медико-экологический мониторинг качества окружающей среды, т. е. исследование экологически связанных отклонений в состоянии здоровья населения, имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с аналитическим мониторингом (определение уровней химического и микробного загрязнения окружающей среды). Важной задачей медицинского мониторинга биосферы является выявление экологически зависимых изменений показателей здоровья населения.

Нами проведены корреляционные исследования качества окружающей среды различных регионов Крыма и изменений показателей здоровья населения за последние 15 лет (1996–2021 гг.). Материалом изучения служили данные различных природоохранных ведомств Крыма (Министерства экологии и охраны окружающей среды, санитарно-эпидемиологической службы и других) об уровнях загрязнения объектов окружающей среды регионов Крыма, а также ежегодные отчеты Министерства здравоохранения Крыма о показателях состояния здоровья населения.

В результате проведенных исследований установлено достоверное влияние антропогенного загрязнения окружающей среды в экологически неблагоприятных регионах на многие показатели здоровья населения Крыма.

Среди демографических данных определенную экологическую обусловленность демонстрируют показатели смертности населения от заболеваний органов дыхания, цереброваскулярной патологии,

инфекционных болезней, включая туберкулез, эндокринных заболеваний и болезней системы кровообращения.

Экологически зависимыми заболеваниями населения в Крыму, имеющими достоверные региональные количественные отличия в зависимости от уровня экологической нагрузки, следует считать следующие: болезни органов дыхания, включая туберкулез легких, болезни кожи (в том числе меланомы и контактные дерматиты), злокачественные опухоли, анемии, врожденные аномалии развития, аллергические риниты, заболевания почек, ревматизм и ревматические поражения сердца, инфекционные болезни, хронический гепатит, заболевания уха и психические расстройства.

Данные экологически чувствительные показатели здоровья населения необходимо использовать при проведении регионального медико-экологического мониторинга качества окружающей среды в Крыму.

Незначительную экологическую зависимость в нашем регионе показывают заболевания системы кровообращения, пищеварения, нервной системы, эндокринная и аллергическая патология населения.

Наибольший уровень экологически зависимых изменений состояния здоровья населения отмечается в Симферополе, Керчи, Ялте, Армянско-Красноперекопском регионе, Бахчисарайском, Джанкойском и Сакском районах, в связи с чем первоочередные природоохранные мероприятия необходимо сосредоточить в данных городах и районах Крыма.

Следует отметить, что, к сожалению, до настоящего времени в Крыму не создана система мониторинга загрязнения очень важных для нашего курортного региона курортно-рекреационных ресурсов (прибрежные морские воды, месторождения лечебных грязей и минеральных вод), что не позволяет достоверно оценить влияние загрязнения этих ресурсов на лечебно-оздоровительный потенциал курортов и обосновать программу приоритетных мероприятий по охране курортно-рекреационных ресурсов от антропогенного загрязнения.

Для изучения вышеизложенных проблем считаем целесообразным создание Центра медико-экологического мониторинга качества окружающей среды и курортно-рекреационных ресурсов Крыма для продолжения данных крайне актуальных исследований.

Поступила 16.08.2022

## **ПЫЛЬЦА РАСТЕНИЙ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

*Ширяева Д.М., к.м.н., dashica87@rambler.ru,  
Минаева Н.В., д.м.н., профессор, docnvm@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Пермь, Россия

Изменения, связанные с атмосферой и климатом, оказывают серьезное влияние на окружающую человека среду. За последние 50 лет значительно возросли атмосферные концентрации таких парниковых газов, как диоксид углерода, метан и закись азота, что, в свою очередь, привело к потеплению климатической системы, изменению количества осадков, погодных и климатических экстремумов. В среде обитания человека немало веществ, способных вызывать сенсibilизацию организма и манифестацию аллергической патологии. Одним из самых распространенных аллергенов является пыльца растений. Пыльцевой аллергией (поллинозом) страдает, по разным данным, от 10 до 30% населения планеты. Наиболее частым проявлением поллиноза является аллергический ринит (95–98%), который более чем в 90% случаев сочетается с аллергическим конъюнктивитом. Аллергический ринит у части больных может трансформироваться в бронхиальную астму.

В настоящее время имеются убедительные доказательства того, что повышение температуры воздуха и концентрации углекислого газа приводит у некоторых видов растений к увеличению производства пыльцы и ее агрессивности, а также к удлинению сезона пыления. По прогнозам, к 2050 г. концентрации пыльцы аллергенных растений в атмосферном воздухе возрастут примерно в четыре раза, что наверняка приведет к дальнейшему росту аллергической заболеваемости. Высокие концентрации пыльцы и более длительные сезоны пыления могут приводить к утяжелению симптомов поллиноза.

Изучение пыльцевой аллергии находится на стыке нескольких наук, требующих совместных усилий специалистов в области биологии, медицины, метеорологии и геологии. В Европе регулярные аэропалеонтологические наблюдения ведутся в течение нескольких десятков лет. В России программа постоянного пыльцевого мониторинга действует лишь в последние 10–15 лет и охватывает небольшое число крупных городов. В связи с негативным влиянием аллергенной пыльцы на здоровье человека и значимостью аллергических заболеваний для здравоохранения целесообразна дальнейшая разработка и усовершенствование пыльцевого мониторинга на государственном уровне. Необходимо проведение исследований, на основе которых можно будет оценивать как текущее, так и потенциальное воздействие изменения климата на пыльцевые аллергены и аллергические заболевания.

Поступила 05.09.2022

## **АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ БОТУЛИЗМОМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЗА ПЕРИОД 2013–2022 гг.: ПРИЧИНЫ И ПРОФИЛАКТИКА**

*Шукевич В. А., og@rcheph.by,  
Кондрескул И. В., kondreskul@rcheph.by,  
Далакишвили И. А., og@rcheph.by*

Государственное учреждение «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Минск, Республика Беларусь

Ботулизм — острое, самое тяжелое заболевание из группы пищевых отравлений микробной этиологии, сопровождающееся поражением центральной нервной системы, параличом и парезом отдельных мышц. Заболевание вызывается сильнодействующим токсином, образующимся в пищевой продукции, что обусловлено рядом обстоятельств: инфицированием пищевой продукции вегетативной или споровой формой палочки ботулинус, благоприятными условиями для прорастания спор, размножения вегетативных спор и накопления токсина (анаэробные условия, температура 25–27 градусов) и отсутствием термической обработки.

Источником микробного загрязнения среды обитания человека являются человек, домашние и дикие животные, птицы, рыбы. С пылью, частицами почвы споры могут попадать на овощи, фрукты, грибы и другие пищевые продукты.

Отличительной чертой споры ботулизма является ее высокая устойчивость к различным физическим и химическим воздействиям. Споры не погибают при кипячении в условиях так называемой «домашней стерилизации», являющейся очень популярным способом заготовки продуктов в домашних условиях. Консерванты, которыми при этом пользуются (поваренная соль, уксусная кислота), в высоких концентрациях лишь тормозят прорастание спор, а следовательно, и образование ботулотоксина. При этом внешний вид продукта не изменяется.

Инкубационный период заболевания составляет, как правило, 6–30 часов, иногда колеблется от 2 часов до 2 недель.

Начинается остро с появления неспецифической симптоматики — недомогания, общей слабости, головной боли. Могут наблюдаться жжение в желудке, тошнота, многократная рвота, понос. Через несколько часов после начала заболевания неспецифическая симптоматика сменяется специфической неврологического характера: расстройство зрения, паралич мягкого нёба, языка, глотки, гортани, появляется расстройство речи, нарушается акт глотания.

При появлении первых симптомов заболевания пострадавшие должны обращаться за специализированной медицинской помощью, поскольку существует только один способ лечения ботулизма — введение противоботулинической сыворотки. Прогноз течения болезни зависит в том числе от своевременности поступления пациента в организацию здравоохранения и начала его лечения.

Санитарно-эпидемиологической службой Республики Беларусь в ходе проведения идентификации опасности учитывается, что факторы микробиологического риска могут поступать в пищевую продукцию на различных этапах движения продукта, а реакция организма может возникать при употреблении его незначительного количества и представляет собой широкий спектр последствий.

Должный уровень государственного санитарного надзора, основанный на оценке риска, позволил на протяжении ряда лет (более 10 лет) обеспечить отсутствие заболеваемости ботулизмом, связанной с предприятиями пищевой промышленности.

Вместе с тем иным образом складывается ситуация по заболеваемости ботулизмом, связанной с употреблением продуктов домашнего приготовления.

В 2021 г. заболеваемость ботулизмом составила 18 случаев с числом пострадавших 20 человек с 2 летальными исходами (2020 г. — 6 случаев с числом пострадавших 8 человек, 2019 г. — 17 случаев с числом пострадавших 17 человек, 2018 г. — 20 случаев с числом пострадавших 20 человек, 2017 г. — 23 случая с числом пострадавших 31 человек, 2016 г. — 14 случаев с числом пострадавших 15 человек, 2015 г. — 24 случая с числом пострадавших 27 человек, 2014 г. — 25 случаев с числом пострадавших 30 человек, 2013 г. — 29 случаев с числом пострадавших 30 человек).

В течение 7 месяцев 2022 г. уже зафиксировано 17 случаев заболеваемости ботулизмом, из них 2 — с летальным исходом. Пострадало 18 человек.

Анализ данных о заболеваемости ботулизмом в республике свидетельствует о том, что ситуация в течение ряда лет существенно не меняется.

Главенствующую роль при этом в качестве факторов передачи играет продукция домашнего приготовления: рыба и рыбные продукты, особенно рыба речная вяленая непотрошенная (в 45 % случаев), мясные продукты — колбасы, тушенки, сыровяленые, копченые и соленые мясные продукты (в 25 % случаев), консервированные грибы (в 15 % случаев), овощные консервы (в 15 % случаев).

Проблемным вопросом в оказании медицинской помощи является специфика поведения населения, столкнувшегося с заболеванием ботулизмом. В частности, имеют место факты игнорирования правил переработки пищевой продукции, при которых причиной заболеваемости становится недостаточная обработка (мытьё, очистка, потрошение) используемого сырья.

Некачественная обработка, отсутствие потрошения речной рыбы, предназначенной для дальнейших процессов засаливания и сушки, в текущем году привели к возникновению семейного случая заболеваемости ботулизмом.

Несвоевременность обращения за медицинской помощью либо отказ от госпитализации на ранних этапах проявления заболевания ботулизмом явились одной из причин летальных исходов. При появлении специфической симптоматики скорая медицинская помощь была вызвана только через сутки. После оказания первой медицинской помощи пациент от госпитализации отказался еще на сутки. После поступления в организацию здравоохранения проведенное лечение оказалось неэффективным. Помимо специфической симптоматики ботулизма у пациента диагностировали острое нарушение мозгового кровообращения и двухстороннюю полисегментарную пневмонию.

Опасность ботулизма также связана с его потенциальными осложнениями и наличием сопутствующих заболеваний. В частности, имеется пример летального случая, когда предварительный диагноз «Ботулизм», тяжелое течение, был дополнен — «Основное заболевание: “Ботулизм пищевой, вызванный неуточненным токсином *Cl. botulinum*”. Осложнения основного заболевания: острая левожелудочковая недостаточность. Двухсторонняя полисегментарная гнойная бронхопневмония. Сопутствующие заболевания: Ишемическая болезнь сердца. Гипертензивная болезнь в стадии органических изменений, недостаточность трикуспидального и митрального клапанов. Атеросклероз аорты. Стенозирующий атеросклероз почечных и брыжеечных артерий. Стенозирующий атеросклероз сосудов головного мозга. Хронический пиелонефрит, стадия ремиссии. Двусторонний тубулоинтерстициальный нефрит. Хронический слабо выраженный неактивный гастрит без атрофии, без метаплазии».

Значительный отрицательный вклад в развитие и прогноз болезни вносит состояние алкогольного опьянения, не позволяющее пациенту своевременно оценить ситуацию и принять необходимые меры.

Санитарно-эпидемиологическая служба Республики Беларусь на постоянной основе проводит разъяснительную работу с населением по профилактике заболеваемости ботулизмом. Продолжение данных профилактических мероприятий является одним из актуальных направлений деятельности учреждений государственного санитарного надзора.

При работе с населением целесообразно акцентировать внимание на недопустимости приобретения на рынках при отсутствии соответствующих условий хранения, у случайных лиц и в местах несанкционированной торговли продуктов домашнего консервирования в герметически закрытых банках, пищевой продукции домашнего соления и копчения (мясная и рыбная продукция).

Важно отмечать, что нельзя использовать в приготовлении блюд, в том числе при консервировании, продукты с признаками порчи и гнили, нарушать общепринятую технологию приготовления (уменьшать количество соли, уксуса, сокращать время тепловой обработки) и хранения продукции,

употреблять в пищу консервы из вздувшихся банок, а также пищевую продукцию, безопасность которой вызывает сомнения.

Поскольку к ботулиническому токсину особенно чувствительны дети, актуальна профилактическая работа с родителями, где следует подчеркивать нецелесообразность использования в питании детей пищевой продукции, являющейся частым источником заболеваемости ботулизмом, в том числе с позиции соблюдения правил детской диететики.

В рамках профилактической работы также необходимо сотрудничество со специалистами лечебного профиля и размещение информационных материалов в организациях здравоохранения.

Поступила 02.08.2022

## Раздел 2

# РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. СТАТЬИ

## ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЦИОНАРНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ РАДИАЦИОННОГО ОБЪЕКТА

*Гацкевич Г.В., yuragatskevich@yandex.ru*

Открытое акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени «Институт Бел-госпроект», г. Минск, Республика Беларусь

Специалисты, которые проектируют стационарную радиационную защиту радиационного объекта (помещения), решают, как правило, две задачи:

1. По имеющимся характеристикам источника излучения требуется рассчитать стационарную радиационную защиту (предложить материал защиты, его толщину, конструкцию защиты).

2. По имеющейся стационарной радиационной защите помещения и характеристике источника ионизирующего излучения (далее — ИИИ), который планируется установить в этом помещении, дать оценку радиационной безопасности. В случае недостаточности имеющейся радиационной защиты рассчитать требуемое усиление защиты.

Расчет стационарной радиационной защиты — это решение физической задачи. При расчетах радиационной защиты используются зависимости между физическими величинами, выраженные аналитически (формулами) или графически, или таблично.

Требования к радиационной защите определяются нормативными документами и желанием Заказчика. Заказчик может предложить более жесткие требования к радиационной защите, чем изложенные в нормативных документах.

В процессе работы проектная организация может менять архитектурные решения (размеры и форму помещений, расположение ИИИ, строительные материалы). В этом случае приходится корректировать и расчеты стационарной радиационной защиты.

Для того чтобы произвести расчет стационарной радиационной защиты, надо знать характеристики ИИИ. К таким характеристикам относятся: энергия излучения (для источников рентгеновского излучения иногда достаточно знать величину анодного напряжения); мощность эквивалентной дозы на заданном расстоянии от ИИИ; активность, период полураспада и значение гамма-постоянной (для радионуклидных ИИИ); тип источника излучения (закрытый, открытый); дозовое распределение вокруг ИИИ (например, вокруг рентгеновского компьютерного томографа) и др.

Необходимо иметь чертеж помещения, в котором будет установлен ИИИ, и чертежи смежных помещений (по вертикали и горизонтали) с указанием их назначения. Расположение ИИИ в проектируемом помещении должно быть согласовано с Заказчиком и проектной организацией. Если ИИИ предполагается установить в существующем помещении, то необходимо знать защитные свойства стационарной радиационной защиты данного помещения или характеристики материалов, из которых она изготовлена (для расчета и оценки ее защитных свойств).

Часто в техническом задании Заказчика не содержится вся требуемая для расчета радиационной защиты информация — например, характеристика ИИИ. Конкурс по закупке аппарата, содержащего ИИИ, еще не проведен, Поставщик неизвестен, а проектировать помещение для ИИИ надо. Фирмы (участники конкурса) не всегда готовы представить требуемую для расчетов информацию.

Если ИИИ предполагается установить в помещении, в котором уже находился ИИИ, то путем расчетов следует определить, является ли существующая радиационная защита помещения достаточной или ее требуется усилить. В расчетах используются характеристики защитных свойств стационарной радиационной защиты существующего помещения, взятые из технического паспорта на данное помещение.

Если технический паспорт на данное помещение отсутствует, то необходимо знать марку строительного материала, из которого изготовлена стационарная радиационная защита (стены, пол, потолок, двери), и его толщину.

Оценку существующей радиационной защиты помещения следует определять с учетом возможного наличия пустот в кирпичных стенах, железобетонных перекрытиях пола и потолка.

В отдельных случаях состав и толщину защитных материалов помещения определяют специализированные организации.

Численные значения некоторых физических величин, используемых при расчетах радиационной защиты, берутся из справочной литературы. В справочниках различных авторов они могут несколько различаться (иногда существенно). Случается, что при переиздании справочника численные значения физических величин в таблицах могут быть скорректированы. Так, в таблице 5.43 известного справочника Машковича В.П. «Защита от ионизирующих излучений», изданного в 2013 г., требуемые толщины защиты из свинца для малых энергий фотонного излучения значительно меньшие, чем в справочнике 1978 г. Поэтому следует пользоваться более «свежей» справочной литературой.

Требования к радиационной безопасности, которые обязательно должны учитываться при проектировании радиационных объектов различного назначения, излагаются в нормативных документах. Законом «О радиационной безопасности» от 18 июня 2019 г. № 198 предусмотрены следующие принципы радиационной безопасности. Согласно принципу нормирования стационарная радиационная защита должна обеспечивать непревышение дозовых нагрузок на персонал и население. Для реализации этого принципа в нормативных документах содержатся ограничения допустимых значений мощностей эквивалентных доз на рабочих местах персонала и в смежных помещениях, величин активностей радионуклидов в помещениях, удельных активностей радионуклидов в воде и продуктах питания и т.д. Принцип оптимизации, если говорить кратко, требует, чтобы стационарная радиационная защита была достаточной, но не чрезмерной. При экспертизе проекта стационарной радиационной защиты радиационного объекта сотрудники надзорных органов должны оценивать реализацию этих двух принципов в равной мере.

К сожалению, с течением времени некоторые положения нормативных документов устаревают и требуют переработки. Появляются несоответствия и между некоторыми документами.

Так, согласно пункту 57 документа Санитарные нормы и правила «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения», утвержденного постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 31.12.2013 № 137, проектирование радиационной защиты от внешнего ионизирующего излучения должно выполняться с учетом назначения помещений, категорий облучаемых лиц и длительности облучения с коэффициентом запаса 2 по мощности эквивалентной дозы. Логично предположить, что при сдаче помещения с ИИИ в эксплуатацию в смежных помещениях измеряют значения мощностей эквивалентных доз, которые не должны превышать проектные значения более чем в 2 раза.

А для рентгеновского излучения по документу Санитарные нормы и правила 2.6.1.8–38–2003 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» проектирование радиационной защиты ведется по мощности поглощенной дозы (проектные значения приведены в приложении 12). При сдаче кабинета в эксплуатацию в смежных помещениях измеряют мощности поглощенных доз. Измеренные значения мощностей поглощенных доз по формуле из пункта 11 приложения 24 приводятся к значениям стандартной рабочей нагрузки аппарата. Для оценки достаточности радиационной защиты, согласно пункту 12 приложения 24, определяются значения эффективной мощности дозы, которые по величине в 2 раза меньше приведенной мощности дозы. И эти значения мощностей эффективных доз по величине не должны превышать проектные значения мощностей поглощенных доз из приложения 12.

Приведенная в указанном документе методика расчета стационарной радиационной защиты неприменима к расчету радиационной защиты помещения для установки рентгеновского компьютерного томографа. В этом случае расчет радиационной защиты помещения следует проводить по дозовым распределениям вокруг аппарата, которые предоставляются фирмой — поставщиком данного оборудования.

Неоднозначно трактуются специалистами рекомендуемые значения мощностей эквивалентных доз для использования при проектировании защиты от внешнего ионизирующего излучения, которые приведены в приложении 15 к Гигиеническому нормативу «Критерии оценки радиационного воздействия».

Выбор методики расчета стационарной радиационной защиты зависит от типа ИИИ (радионуклидный или генерирующий) и назначения радиационного объекта (или помещения). Методика может быть утверждена проектной организацией. Следует указать, что утверждаются не физические зависимости между физическими величинами (например, формулы), а алгоритм (последовательность действий) при расчете радиационной защиты.

Заключительным этапом расчета требуемой радиационной защиты является определение толщины выбранного защитного материала по определенной кратности ослабления мощности эквивалентной дозы и энергии ионизирующего излучения. С выбором энергии ионизирующего излучения также имеются свои трудности. Не всегда пучки ионизирующего излучения являются моноэнергетичными. Так, в пучках фотонного излучения рентгеновских аппаратов и ускорителей содержатся фотоны самых разных энергий. Приходится выбирать некую эффективную энергию, что не всегда является простой задачей. Эта же проблема существует и с радионуклидными ИИИ. При распаде ядра атома могут испускаться несколько гамма-квантов с разными энергиями и в разном процентном соотношении.

Особенно сложно проводить расчеты радиационной защиты от рассеянного ионизирующего излучения. Так, при расчетах стационарной радиационной защиты помещений для аппаратов дистанционной лучевой терапии приходится использовать громоздкие формулы и затрачивать большое количество рабочего времени. В отдельных случаях можно получить только какие-то оценочные значения.

При проектировании помещений радиационного объекта обязательно следует учитывать закладку в стационарной защите (стенах, полу, потолке) элементов систем электроснабжения, водоснабжения, канализации, отопления, вентиляции, что может привести к ослаблению радиационной защиты. Для каждого такого случая приходится находить отдельное решение.

Следует также отметить, что согласно статье 3 Технического регламента Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность» (ТР-2009/013/by) при проектировании сооружений должна быть проведена количественная оценка риска «...с использованием расчетных, экспериментальных, экспертных методов или по данным эксплуатации аналогичных сооружений».

Поступила 02.09.2022

## **ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТОВ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ**

*Дюбкова-Жерносек Т.П., к.м.н., доцент, [djubkova\\_t\\_p@mail.ru](mailto:djubkova_t_p@mail.ru)*

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Радиологическая культура является неотъемлемой составной частью культуры безопасности жизнедеятельности человека. Она характеризует уровень подготовки к защите от опасностей, возникающих в различных ситуациях облучения, и осознанную потребность в соблюдении существующих норм и правил безопасного поведения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций на радиационных объектах. Трудно не согласиться с точкой зрения Л.А. Конновой (2018), согласно которой радиологическая культура остается до настоящего времени важнейшим аспектом безопасности жизнедеятельности «в связи со стремительным развитием и ростом мировой атомной энергетики, постоянно расширяющейся сферой использования источников ионизирующего излучения и риском чрезвычайных ситуаций радиационного характера» [1].

Среди основных факторов, определяющих развитие системы ядерной и радиационной безопасности в Республике Беларусь в последние десятилетия, необходимо выделить долгосрочные последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС и реализацию первой ядерной энергетической программы, связанной со строительством и поэтапным вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции. Последствия чернобыльской катастрофы касаются как территорий отдельных областей страны, подвергшихся радиоактивному загрязнению различной плотности с последующей миграцией радионуклидов с длительным периодом полураспада в окружающую среду, так и состояния здоровья людей, проживающих в условиях возможной инкорпорации радиоактивных веществ. «Концепция защиты населения и охраны окружающей среды вследствие наличия сложных взаимосвязей (...) предполагает интегрированный подход к обеспечению в настоящее время и в будущем устойчивого развития сельского, лесного хозяйства, рыболовства и туризма, а также использования природных ресурсов» [2].

Продвижению новых подходов к формированию радиологической культуры способствует профилактическая и разъяснительная работа с населением, включая такую целевую аудиторию, как молодежь. Однако содержание, формы и методы этой работы со студентами учреждений высшего образования существенно отличаются от информационно-просветительских и иных мероприятий, проводимых среди других категорий населения. Учебная дисциплина «Радиационная безопасность»

является обязательной для изучения на первой ступени высшего образования в учреждениях высшего образования Республики Беларусь и входит в состав интегрированной учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека». Принимая во внимание тот факт, что данная дисциплина является непрофильной для студентов, обучающихся по гуманитарным и педагогическим специальностям, требуется внедрение в образовательный процесс инновационных технологий, стимулирующих самостоятельную учебно-познавательную активность обучающихся в области радиационной безопасности и обеспечивающих персональный путь реализации личностного потенциала в ходе образовательного движения по индивидуальным траекториям. Достижению этой цели способствует продуктивное обучение, ориентированное «не столько на изучение известного, сколько на приращение к нему нового», создание обучающимся материализованного продукта собственной учебной деятельности [3]. Творческая самореализация обучающегося в процессе создания образовательных продуктов в изучаемых областях знаний и выстраивание им индивидуальной образовательной траектории в каждой из образовательных областей являются важнейшими критериями эвристического подхода к обучению. По внешним продуктам при эвристическом обучении происходит диагностика внутренних приращений — знаний, умений, опыта, навыков, компетентностей, способностей и других личностных качеств обучающегося, получивших развитие при создании им материализованного продукта самостоятельной учебной деятельности [4].

Цель работы — обосновать роль эвристического обучения в формировании радиологической культуры студентов непрофильных специальностей при освоении учебной дисциплины «Радиационная безопасность» (на примере эвристического интернет-занятия).

Настоящая статья является результатом участия автора в дистанционной программе повышения квалификации «Методика обучения через открытие: как обучать всех по-разному, но одинаково», организованной в Белорусском государственном университете в рамках реализации проекта «Педагогическая мастерская online-обучения: опыт БГУ» (май — июнь 2020 г.).

Эвристическое интернет-занятие проводилось со студентами первого курса факультета международных отношений Белорусского государственного университета, обучающимися по специальности 1–25 01 03 «Мировая экономика» (далее — МЭ), в рамках текущего контроля знаний по теме «Основные меры защиты населения от радиационного воздействия при авариях на атомных электростанциях». Этапы его проведения соответствуют трехступенчатой последовательности эвристической деятельности обучающегося, изложенной в работе А. Д. Короля [5]. На подготовительном этапе преподаватель размещает на Образовательном портале (на базе LMS Moodle) открытое задание, содержание которого является основным фактором, определяющим уровень творческой самореализации обучающегося в процессе самостоятельной учебной деятельности. Ниже приводится текст эвристического (открытого) задания когнитивного типа, предназначенного для изучения студентами реального объекта действительности:

**«Опасная „тройка“».** *Одной из эффективных мер снижения дозы облучения людей, проживающих на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на атомной электростанции, является исключение из рациона продуктов, интенсивно накапливающих радионуклиды.*

*Вообразите себя волонтером, прошедшим специальную подготовку по организации питания людей в условиях радиационного воздействия. Представьте, что вы проводите разъяснительную работу среди населения, проживающего на территории, загрязненной радионуклидами.*

1. *Составьте таблицу и включите в нее перечень продуктов убоя животных и продуктов их переработки, разрешенных к употреблению в условиях радиационного воздействия (левый столбец) и требующих исключения из рациона из-за способности накапливать радионуклиды в значительном количестве (правый столбец). Количество наименований в каждом столбце — не менее пяти.*

2. *Выделите из перечня различных продуктов питания, накапливающих радионуклиды, не менее трех продуктов, подлежащих первоочередному исключению из рациона после радиационной аварии. Обоснуйте свой выбор.*

*Оформите идеи и предложения в виде текста (до двух страниц).*

Сравнительный анализ предметных образовательных продуктов, созданных обучающимися, свидетельствует об их индивидуальной (субъективной) новизне и подтверждает «открытый» характер эвристического задания. Его выполнение предусматривает самостоятельную учебно-познавательную деятельность студентов в области радиационной безопасности и гигиены питания в условиях радиационного воздействия. Каждый обучающийся создает собственный продукт исходя из соответствующего уровня знаний, умений, способностей, жизненного опыта, способов деятельности, который отличается от предметных образовательных продуктов других студентов. Одним из критериев оценки материализованного продукта обучающегося является новизна, но при этом учитываются описанные в литературе различные категории новизны — «принципиально (качественно) новое», имеющее

не только личностную, но и социокультурную значимость, и «новое во времени», особенностью которого является приобретение предметом такого качества, в силу которого он представляет собой очередной (еще один) экземпляр исходного. Это «новое во времени» имеет прежде всего личностную значимость и отражает образовательное приращение по сравнению с исходным уровнем знаний, умений, способностей, компетентностей студента. В качестве примера приводится материализованный продукт самостоятельной учебной деятельности студентки группы МЭ-8 Татьяны Борисовец (в сокращенном виде). К перечню продуктов убоя животных и продуктов их переработки, разрешенных к употреблению в условиях радиационного воздействия, студентка относит мясо, подвергшееся кулинарной и технологической обработке (в домашних условиях отдает предпочтение отварному мясу с соблюдением таких требований, как тщательное промывание его проточной водой перед погружением в кипящую воду, отваривание в большом объеме воды, отказ от употребления мясного бульона, загрязненного радионуклидами в процессе варки мяса), мясо молодых животных (менее интенсивно накапливающих радиоактивные изотопы цезия по сравнению с мясом старых по критерию возраста животных), мясо сельскохозяйственных животных (менее интенсивно накапливающих цезий-137 по сравнению с дичью), мясо свиньи (по сравнению с мясом крупного рогатого скота, вскармливаемого радиоактивно загрязненной травой при выпасе на зараженных пастбищах, а также имеющего более высокие дозовые нагрузки из-за поступления радионуклидов ингаляционным путем и через кожные покровы), сало и жир (при перетопке жира 95 % радионуклидов остается в шкварке). В перечень мясной продукции, требующей исключения из рациона в условиях радиационного воздействия, студентка включила свежее мясо, не подвергшееся кулинарной и технологической обработке (вне зависимости от видовой принадлежности), мясо диких животных (кабан, заяц и др.), мясо старых животных, в мышечной ткани которых интенсивно накапливается цезий-137, говядину (особенно не подвергшуюся обработке), мясо-костные бульоны и субпродукты (легкие, почки и др.).

Среди продуктов, подлежащих первоочередному исключению из рациона при радиационной аварии, студентка выделила в первую очередь листовые овощи (салат, щавель), корневая система которых расположена неглубоко и интенсивно поглощает из поверхностных слоев почвы радионуклиды. Кроме того, наземные зеленые части листовых овощей загрязняются выпадающими из радиоактивного облака изотопами, которые по пищевой цепи поступают в организм сельскохозяйственных животных и человека. Логичным представляется обоснование студенткой первоочередного исключения из рациона как детей, так и взрослых коровьего молока в случае радиационной аварии с выбросом радиоактивных веществ (при выпасе животных на зараженных пастбищах в условиях неконтролируемого поступления в их организм радионуклидов любыми возможными путями — с пищей, водой, ингаляционным путем, через кожные покровы — и дальнейшей миграции в ткани, секреты, включая молоко, и экскреты). Студентка рекомендует также исключить из питания дикорастущие ягоды и грибы, интенсивно накапливающие радионуклиды.

Следует подчеркнуть, что эвристическое обучение не предполагает наличия однозначных, заранее известных «правильных» или «неправильных» ответов на открытое задание. Материализованный продукт самостоятельной учебной деятельности обучающегося является по своей сути уникальным, это результат его творческой самореализации, развития приоритетных эвристических качеств, неразрывно связанных с внешним продуктом. Сравнивая созданный собственный продукт с культурно-историческим аналогом (ссылку на источник предоставляет преподаватель после выполнения студентом открытого задания) и продуктами других обучающихся и совместно обсуждая их на последующих этапах эвристического интернет-занятия, студент имеет возможность самостоятельно исправлять возможные ошибочные или ограниченные представления об окружающем мире и корректировать систему своих взглядов и оценок. Диалог способствует личностному росту обучающегося, обогащает его новыми знаниями, актуализирует их, позволяет преодолеть односторонность индивидуального жизненного опыта, являясь эффективным инструментом познания и понимания реальной картины мира.

Рефлексивно-оценочный этап эвристического интернет-занятия свидетельствует о том, что главным результатом выполнения открытого задания как основного содержательного элемента эвристического обучения является личностное образовательное приращение. Создание материализованного продукта самостоятельной учебной деятельности студента представляет собой внешний компонент образовательной продукции, но определяющее значение в результате использования технологии эвристического обучения имеет развитие внутренних изменений в виде эволюции личностных качеств обучающегося, его умений, видов деятельности, представлений о своих способностях, жизненных целей, которые лежат в основе формирования радиологической культуры как составной части культуры безопасности жизнедеятельности. Это подтверждают фрагменты рефлексии студентов первого курса группы МЭ-8, представленные ниже.

*Татьяна Борисовец.* При выполнении открытого задания у меня возникали различные эмоции, нередко даже чувство огорчения тем, что мы, люди, часто не задумываемся, какие продукты питания потребляем, каков уровень возможного загрязнения радионуклидами продукции, продаваемой в несанкционированных местах без соответствующих документов, подтверждающих радиологическую экспертизу продуктов. Но следует отметить, что именно пережитые мной эмоции побудили меня к разработке рекомендаций по питанию людей, проживающих на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на атомной электростанции. Существенным достижением при выполнении данной работы стало для меня значительное расширение объема собственных знаний в рамках изучаемой проблемы, которая, по моему мнению, является актуальной и на сегодняшний день. В процессе выполнения открытого задания я в очередной раз задумалась над ценностью человеческой жизни. Оно помогло мне снова осознать трагедию чернобыльской катастрофы, как будто заново «прожить» ее, зная только по фильмам и книгам в силу моего возраста. Я убеждена, что такие трагедии не проходят бесследно в течение многих десятилетий и даже столетий, как не теряет свою злободневность эта катастрофа.

*Елизавета Лавренова.* В процессе изучения данной проблемы у меня возникло вначале чувство страха, так как ко мне пришло осознание того, сколько раз я подвергала опасности свой организм из-за возможности попадания в него радиоактивных веществ. Более того, возникло даже некоторое чувство вины за других людей из-за безответственности, с которой они подходят к выбору продуктов питания в настоящее время, и отношения к своему здоровью. В процессе выполнения задания у меня возникло искреннее желание изучить эту проблему как можно более глубоко, чтобы понимать связь между состоянием здоровья человека и качеством продуктов питания, которые, возможно, и на сегодняшний день в какой-то мере загрязнены радионуклидами. Ведь у многих из них огромный период полураспада, гораздо больший, чем продолжительность жизни человека. Я считаю, что главный результат проделанной мною работы — осознание масштаба проблемы! Это обстоятельство влечет за собой деятельность с моей стороны, направленную на сохранение здоровья, которое тесно связано не только с количеством, но и с качеством потребляемой пищи. Я стала более ответственно подходить к выбору продуктов питания, требовать сертификаты качества и результаты контроля содержания в них радионуклидов. Считаю такой подход обоснованным, исходя из продолжающихся негативных последствий чернобыльской катастрофы.

*Анна Роговцова.* Выполняя это задание, я впервые поняла, насколько огромно и небезопасно радиационное воздействие. Думаю, что невозможно составить такой список продуктов питания, который полностью исключает содержание в них радионуклидов, особенно после аварии на Чернобыльской атомной станции. Риски для здоровья людей все равно остаются, но человек может их уменьшить, если будет следовать рекомендациям. Эта проблема очень актуальна для меня и моей семьи. Я росла в Славгородском районе, который относится к загрязненным радионуклидами территориям. До момента выполнения этого открытого задания я даже не задумывалась над тем, употребления каких продуктов следует избегать, как можно уменьшить в них содержание радионуклидов. Я считаю, что изменение моего отношения к этой проблеме является наиболее значимым личным результатом выполнения открытого задания.

Таким образом, использование технологии эвристического обучения в рамках освоения дисциплины «Радиационная безопасность» студентами непрофильных специальностей обеспечивает формирование у них радиологической культуры, являющейся компонентом культуры безопасности жизнедеятельности. Работа над открытым заданием позволяет обучающемуся создать материализованный продукт учебной деятельности, обладающий практической значимостью и применимый при необходимости в реальной ситуации, связанной с аварией на радиационном объекте с выбросом радиоактивных веществ. Но главным результатом выполнения эвристического задания является развитие внутренних изменений обучающегося в виде эволюции его знаний, умений, личностных качеств, компетентностей, способов деятельности, то есть личностное образовательное приращение как основа формирования радиологической культуры.

## Литература

1. *Коннова, Л. А.* Радиологическая культура населения в контексте безопасности жизнедеятельности при чрезвычайных ситуациях радиационного характера / Л. А. Коннова // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 26 сент. 2018 г. / ФГБОУ ВО С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России; сост.: А. В. Зыков [и др.]. — СПб., 2018. — С. 7–10.
2. Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности [Электронный ресурс] // Международное агентство по атомной энергии. — Ре-

жим доступа: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578\\_R\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_R_web.pdf). — Дата доступа: 25.08.2022.

3. Хуторской, А. В. Педагогика: учебник для вузов / А. В. Хуторской. — СПб.: Питер, 2019. — 608 с.

4. Король, А. Д. Эвристическое обучение как средство индивидуализации образования. Метод эвристического диалога в обучении / А. Д. Король // Народная асвета. — 2013. — № 10. — С. 10–13.

5. Король, А. Д. Система эвристического обучения на основе диалога: опыт проектирования и реализации / А. Д. Король // Весн. Гродз. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 3. Філалогія. Педагогіка. Псіхалогія. — 2016. — Т. 6, № 1. — С. 57–64.

Поступила 06.09.2022

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ

<sup>1</sup> Жукова О. М., к. т. н., доцент, [olga.zhukova.47@inbox.ru](mailto:olga.zhukova.47@inbox.ru),

<sup>1</sup> Кляус В. В., к. б. н., [vkliaus@gmail.com](mailto:vkliaus@gmail.com),

<sup>1</sup> Николаенко Е. В., к. м. н., [nikolaenko67@gmail.com](mailto:nikolaenko67@gmail.com),

<sup>1</sup> Попова Е. Н., [katia.popova6791@gmail.com](mailto:katia.popova6791@gmail.com),

<sup>2</sup> Трусов А. В., [tav@hmc.by](mailto:tav@hmc.by),

<sup>2</sup> Шайбак А. М., [sham@hmc.by](mailto:sham@hmc.by)

<sup>1</sup> Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», г. Минск, Республика Беларусь

Для решения задач радиационного контроля и оперативного выявления радиоактивного загрязнения окружающей среды в случае радиационных аварий или инцидентов в соответствии с Государственной программой обеспечения Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в зонах наблюдения АЭС в 2002–2006 гг. была создана автоматизированная система контроля радиационной обстановки (далее — АСРК), основу которой составляла система автоматизированных пунктов измерения (далее — АПИ) мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (далее — МЭД).

В 2019–2020 гг. Государственным учреждением «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (далее — Белгидромет) выполнена модернизация АПИ системы АСРК до уровня автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (далее — АСКРО): проведена замена детекторов, усовершенствованы программное обеспечение и средства передачи информации.

АСКРО в Республике Беларусь предназначена для автоматического контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения Белорусской АЭС и за ее пределами, а также в зонах влияния АЭС сопредельных государств (Смоленская, Ровенская, Чернобыльская, Игналинская АЭС) [1].

Основными задачами АСКРО являются:

- раннее обнаружение повышенного или аварийного выброса радиоактивных веществ в окружающую среду;
- измерение значений МЭД на местности;
- передача данных об уровнях МЭД в центры реагирования (далее — ЦР) в реальном режиме времени;
- прогнозирование переноса радиоактивного загрязнения с учетом реальных метеорологических условий с использованием программных средств;
- оценка доз облучения персонала и населения, а также выдача рекомендаций для принятия решений о защите населения.

Основу АСКРО составляют:

- система АПИ, расположенных вокруг АЭС, для измерения МЭД (рисунок 1);
- система метеорологических датчиков;
- система спектрометрических датчиков;

- программное обеспечение, служащее для обработки и передачи первичной информации об уровнях МЭД, поступающей с указанных датчиков в ЦР;
- специальное программное обеспечение принятия решений, позволяющих минимизировать последствия радиационных аварий.

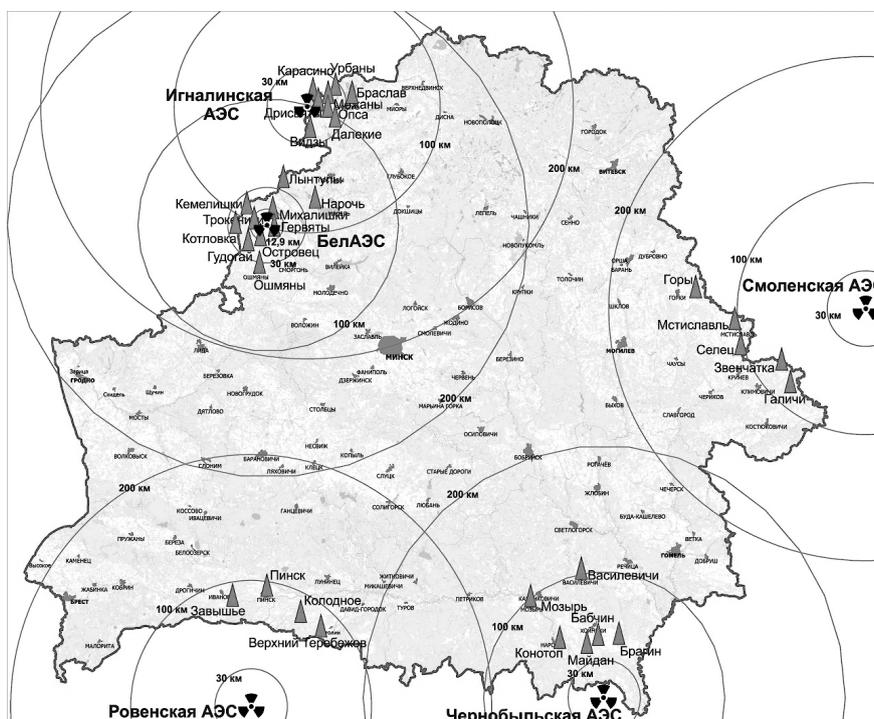


Рисунок 1 — Схема размещения АПИ АСКРО Белгидромета [1]

При выборе мест размещения АПИ вокруг АЭС учитывались следующие критерии: экологический, физико-технический, демографический, экономический.

**Экологический:** точки установки датчиков выбираются на основе расчета среднегодового метеорологического фактора разбавления в зависимости от расстояния от центра площадки АЭС при различных направлениях и скорости ветра (на основе многолетних климатических данных наблюдений) в районе размещения АЭС.

**Физико-технический:** нижний диапазон измерения МЭД должен находиться в пределах от 0,05–0,07 мкЗв/ч, неопределенность измерений не должна превышать 20 %.

**Демографический:** зона радиационного контроля должна охватывать не менее 70 % проживающего населения; АПИ и воздухо-фильтрующие установки (далее — ВФУ) устанавливаются в крупных населенных пунктах (далее — НП) в зоне наблюдения АЭС и за ее пределами, причем в крупных НП для населения устанавливаются электронное табло с отображением радиационной обстановки в реальном режиме времени.

**Экономический:** количество АПИ должно обеспечивать радиационный контроль с оптимальным использованием доступных ресурсов на социально приемлемом уровне.

Данные с АПИ (значения МЭД, метеоданные и др.) в нормальном режиме эксплуатации каждые 10 минут обновляются и визуализируются на мониторах ЦР Белгидромета трех уровней — локального (далее — ЛЦР), регионального (далее — РЦР) и национального (далее — НЦР) — и передаются в Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

В настоящее время в Республике Беларусь в районе расположения Белорусской АЭС функционируют 20 стационарных АПИ (10 АПИ Белорусской АЭС, 10 — Белгидромета).

АСКРО Белорусской АЭС предназначена для выполнения непрерывного контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения Белорусской АЭС в режиме реального времени, а также прогнозирования радиационной обстановки в случае аварии на АЭС и обеспечения более высокого уровня национальной системы реагирования в случае техногенных чрезвычайных ситуаций.

Для АПИ, расположенных в зоне Белорусской АЭС, обязательным является наличие метеорологических и спектрометрических датчиков, ВФУ для определения объемной активности радионуклидов в атмосферном воздухе и горизонтальных планшетов для оценки радиоактивных выпадений из атмосферного воздуха.

Программно-технический комплекс АСКРО Белорусской АЭС включает:

- 10 постов радиационного контроля МЭД, 9 из которых расположены на территории зоны наблюдений (в радиусе 12,9 км) и 1 — в контрольном пункте за территорией зоны наблюдений с наветренной стороны от Белорусской АЭС (г.п. Свирь);
- 1 автоматизированную метеостанцию (д. Ворняны);
- 7 ВФУ;
- 2 передвижные радиометрические лаборатории;
- основной центральный пост контроля АСКРО на площадке Белорусской АЭС;
- резервный центральный пост контроля АСКРО в г. Островце.

Посты радиационного контроля АСКРО Белорусской АЭС дополнительно оснащены спектрометрическими блоками детектирования (д. Гоза, д. Чехи, д. Ворняны, д. Маркуны).

В зоне наблюдения Белорусской АЭС также расположены пункты АСКРО Белгидромета — 3 АПИ (д. Трокеники 1, д. Гервяты, д. Михалишки). За зоной наблюдения Белорусской АЭС — 7 АПИ (д. Кемелишки, д. Котловка, г.п. Гудогай, г. Островец) и 3 АПИ на метеостанциях (г.п. Ошмяны, д. Лынтупы, п.г.т. Нарочь). Данные АПИ состоят из блоков детектирования МЭД, спектрометрических датчиков и автоматических метеостанций [2].

Автоматические метеостанции на четырех высотных уровнях (до 40 метров) осуществляют непрерывно (с осреднением за интервал 10 минут) контроль параметров скорости и направления ветра, температуры воздуха, относительной влажности, атмосферного давления, наличия жидких осадков и передачу информации по выделенным каналам приема-передачи данных ежедневно в автоматическом режиме.

В случае радиационной аварии данные о метеорологической обстановке в районе размещения АЭС уточняются каждые 3 часа и передаются в рамках функционирования системы ситуационных кризисных центров (далее — СКЦ) Республики Беларусь. Дополнительно для получения метеоданных используется метеостанция в д. Маркуны.

В таблице 1 представлены АПИ АСКРО в зонах влияния АЭС соседних государств.

Таблица 1 — АПИ АСКРО в 100-километровых зонах влияния Смоленской, Ровенской, Игналинской и Чернобыльской АЭС [2, 3]

АЭС	Количество АПИ, ед.	НП, где расположена АСКРО	ЦР, куда поступает информация
Смоленская	5	д. Галичи, д. Звенчатка, д. Селец, д. Горы, г. Мстиславль	ЛР — г. Мстиславль, РЦР — г. Могилев, НЦР — г. Минск
Ровенская	4	д. Верхний Теребежов, д. Колодное, г. Пинск, д. Завышье	ЛЦР — г. Пинск, НЦР — г. Минск
Игналинская	8	г. Браслав, г. п. Видзы, д. Дрисвяты, д. Далекіе, д. Карасіно, д. Межаны, д. Опса, д. Урбаны	ЛЦР — г. Браслав, НЦР — г. Минск
Чернобыльская	6	г. п. Василевічы, г. Брагин, д. Бабчин, д. Конотоп, г. Мозырь, д. Майдан	ЛЦР — г. Мозырь, РЦР — г. Гомель, НЦР — г. Минск

При возникновении радиационной аварии данные с АПИ передаются в учащем режиме в ЦР Белгидромета, в Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и СКЦ Министерства здравоохранения.

нения Республики Беларусь для оценки и прогнозирования радиационной обстановки и оценки доз облучения населения, проживающего на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению.

В Республике Беларусь для прогностических расчетов переноса радиоактивной примеси в атмосфере, оценки уровней радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, подстилающей поверхности, уровней загрязнения пищевых продуктов и питьевой воды, а также оценки доз облучения населения при радиационных авариях используются программные средства RECASS-NT, RECASS EXPRESS (разработка НПО «Тайфун», Россия), InterRas (МАГАТЭ), JRODOS (Германия) и др.

Таким образом, система АСКРО, функционирующая в Республике Беларусь, при возникновении радиационной аварии в непрерывном режиме обеспечивает сбор, обработку и анализ данных измерений уровней МЭД и используется для получения оперативных данных о радиационной обстановке, оценки радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха и подстилающей поверхности, оценки переноса радиоактивных веществ воздушным путем, получения прогнозов изменения радиоактивного загрязнения в зоне наблюдения АЭС как на ранней, так и на следующих стадиях развития радиационной аварии. Данная информация используется, в числе прочего, организациями здравоохранения для оценки доз облучения населения и принятия решений о необходимости проведения защитных мероприятий.

Задачи радиационного контроля окружающей среды, решаемые АСКРО, являются чрезвычайно важными и актуальными для республики, особенно в случаях возникновения крупных радиационных аварий на АЭС.

## Литература

1. Схема размещения пунктов наблюдений АСКРО [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rad.org.by/snob/shema-razmescheniya-punktov-nablyudeniya-radiacionnogo-monitoringa-belgidrometa.html>. — Дата доступа: 07.06.2022.

2. Радиационный мониторинг [Электронный ресурс] // Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2020 год. — Режим доступа: <https://www.nsmos.by/uploads/archive/Sborniki/10%20RADIOACTIVE%20Monitoring%202020.pdf>. — Дата доступа: 07.06.2022.

Поступила 14.09.2022

## РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, ПРОВОДИМОГО УЧРЕЖДЕНИЯМИ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО НАДЗОРА В БРАСЛАВСКОМ И ОСТРОВЕЦКОМ РАЙОНАХ

*Кляус В. В., к. б. н., vkliaus@gmail.com,  
Николаенко Е. В., к. м. н., nikolaenko67@gmail.com,  
Елизарова Н. В., zav\_radsafety@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В 2020 г. в Республике Беларусь была введена в эксплуатацию первая Белорусская АЭС (далее — БелАЭС) с двумя реакторами типа ВВЭР-1200, а в 5 км от государственной границы республики расположена Игналинская АЭС (далее — ИАЭС), состоящая из двух блоков типа РБМК-1500. С 2010 г. и по настоящее время ИАЭС находится на этапе вывода из эксплуатации, однако на ее площадке функционирует 9 ядерных объектов, которые являются источниками газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов радионуклидов в окружающую среду.

В соответствии с действующим законодательством [1] Министерством здравоохранения Республики Беларусь, а именно органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор (далее — госсаннадзор), вокруг действующих радиационных объектов проводится радиационно-гигиенический мониторинг (далее — РГМ).

Вокруг БелАЭС РГМ выполняется в зоне наблюдения (далее — ЗН), радиус которой составляет 12,9 км, с учетом административно-территориального принципа на территории Островецкого района Гродненской области.

Вокруг ИАЭС РГМ проводится в ЗН, радиус которой составляет 30 км (по аналогии с иными АЭС с реакторами типа РБМК), на территории Браславского района Витебской области.

В настоящее время в Республике Беларусь действуют «Правила радиационно-гигиенического мониторинга радиоактивного загрязнения пищевых продуктов, производимых гражданами для собственного потребления, а также дикорастущих растений и (или) их частей, продукции охоты и рыболовства, используемых гражданами для собственного потребления» (далее — Правила) [2]. Согласно Правилам, РГМ пищевых продуктов проводится с целью оценки доз внутреннего облучения населения.

В соответствии с Правилами областные учреждения госсаннадзора разрабатывают и согласовывают с ГУ «РЦГЭиОЗ» областные схемы проведения РГМ пищевых продуктов, производимых в личных подсобных хозяйствах (далее — ЛПХ), которые включают в себя [2]:

- перечень населенных пунктов (далее — НП), отнесенных к группам контроля, для проведения РГМ пищевых продуктов, производимых населением в ЛПХ;

- годовой план отбора проб пищевых продуктов, производимых в ЛПХ, для проведения РГМ. РГМ пищевых продуктов и питьевой воды органами и учреждениями, осуществляющими госсаннадзор, проводится на соответствие нормативам, установленным РДУ-99 [3].

Нормативные значения общей суммарной объемной альфа- и бета-активности в питьевой воде — 0,5 и 1,0 Бк/л — установлены гигиеническим нормативом [4].

Специалистами лаборатории радиационной безопасности республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (далее — НПЦГ) проведен анализ результатов РГМ, полученных НПЦГ на этапе строительства БелАЭС, и анализ результатов РГМ, полученных областными и районными учреждениями госсаннадзора (Витебским и Гродненским областными ЦГЭиОЗ; Островецким и Браславским районными ЦГЭ) на этапе эксплуатации БелАЭС и ядерных объектов на площадке ИАЭС.

Анализ результатов РГМ проводился по следующим показателям:

- удельная (объемная) активность техногенных радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) в пищевых продуктах;
- суммарная объемная альфа- и бета-активность, объемная активность природных и техногенных ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ) радионуклидов в питьевой воде;

- мощность AMBIENTного эквивалента дозы облучения (далее — МЭД).

Данные РГМ пищевых продуктов и питьевой воды в ЗН БелАЭС анализировались за 2 этапа: этап строительства БелАЭС в 2017–2020 гг. (РГМ «нулевого» фона) и начала эксплуатации первого блока БелАЭС в 2021 г.

Максимальные значения удельной (объемной) активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , зарегистрированные в пробах пищевых продуктов в рамках проведения РГМ в ЗН БелАЭС до пуска в эксплуатацию (2017–2020 гг.) и на этапе начала эксплуатации (2021 г.), приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Максимальные значения удельной (объемной) активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , зарегистрированные в пищевой продукции в рамках проведения РГМ в ЗН БелАЭС

Объект наблюдения	Удельная (объемная) активность радионуклида, Бк/кг (л)			
	$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$	
	2017–2020 гг.	2021 г.	2017–2020 гг.	2021 г.
Картофель	1,6 ± 0,4	0,26 ± 0,06	0,50 ± 0,14	1,70 ± 0,34
Свекла	2,6 ± 0,5	0,26 ± 0,06	0,64 ± 0,18	–*
Помидоры	< 0,9	–	0,31 ± 0,08	–
Огурцы	< 0,9	–	0,28 ± 0,08	–
Морковь	< 0,9	–	1,10 ± 0,29	–
Лук	< 0,9	–	1,05 ± 0,28	–
Капуста	< 1,0	–	0,28 ± 0,04	–
Яблоки	< 1,0	0,12 ± 0,03	0,16 ± 0,04	–
Зерно продовольственное	–	0,39 ± 0,10	–	–
Грибы свежие	–	46,60 ± 9,32	–	9,50 ± 1,90
Ягода лесная (черника)	–	0,29 ± 0,10	–	–
Рыба пресноводная	–	0,38 ± 0,08	–	13,60 ± 2,72
Молоко	2,9 ± 0,7	2,54 ± 2,06	0,30 ± 0,09	< 3,7
Мясо	1,2 ± 0,2	1,90 ± 2,40	0,42 ± 0,11	–

\* измерения не проводились либо получен нерепрезентативный результат.

Максимальные уровни загрязнения пищевых продуктов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , зафиксированные при проведении РГМ вокруг БелАЭС в период 2017–2020 гг. и в 2021 г., не превышали нормативных уровней, установленных РДУ-99 [3].

Сравнение имеющихся результатов радиационного мониторинга в ЗН БелАЭС до пуска первого энергоблока (2017–2020 гг.) и после (2021 г.) показало, что введение в эксплуатацию первого блока БелАЭС не оказало существенного влияния на уровни содержания техногенных радионуклидов в пищевых продуктах (таблица 1).

Результаты проведенного анализа данных РГМ в ЗН Белорусской АЭС также свидетельствуют о том, что при выполнении измерений в период эксплуатации АЭС использовались приборы, имеющие более высокие пределы обнаружения МДА, чем те, которые использовались при проведении РГМ в доэксплуатационный период. Кроме того, перечень объектов наблюдения и НП, в который проводился отбор проб, при РГМ на доэксплуатационном этапе и в первый год эксплуатации различались.

В период 2017–2020 гг. значения объемной суммарной альфа-активности в пробах питьевой воды из централизованных источников (артскважины) водоснабжения в ЗН БелАЭС находились в диапазоне от  $0,013 \pm 0,003$  Бк/л до  $0,975 \pm 0,15$  Бк/л, а значения суммарной объемной бета-активности — в пределах от  $0,12 \pm 0,013$  Бк/л до  $3,43 \pm 0,34$  Бк/л, при этом в отдельных пробах были зафиксированы превышения нормативов (1 Бк/л) в 1,1–3,4 раза.

По данным дополнительных исследований, выполненных Белорусским государственным институтом метрологии, по определению изотопного состава природных радионуклидов в пробах из колодцев, где зарегистрированы превышения суммарной бета-активности, было установлено, что повышенные уровни обусловлены высоким содержанием  $^{40}\text{K}$  (от  $0,10 \pm 0,03$  Бк/л до  $4,10 \pm 1,00$  Бк/л), а также присутствием радионуклидов уран-ториевого ряда:

$^{210}\text{Po}$  — от  $0,001 \pm 0,0005$  Бк/л до  $0,007 \pm 0,003$  Бк/л;

$^{210}\text{Pb}$  — от  $0,008 \pm 0,004$  Бк/л до  $0,009 \pm 0,004$  Бк/л;

$^{226}\text{Ra}$  — от  $0,02 \pm 0,01$  Бк/л до  $0,08 \pm 0,03$  Бк/л;

$^{228}\text{Ra}$  — от  $0,02 \pm 0,01$  Бк/л до  $0,07 \pm 0,02$  Бк/л;

$^{232}\text{Th}$  —  $< 0,02$  Бк/л;

$^{238}\text{U}$  —  $0,024 \pm 0,003$  Бк/л до  $0,06 \pm 0,02$  Бк/л.

Содержание  $^{40}\text{K}$  в питьевой воде не нормируется, а содержание радионуклидов естественного происхождения ( $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) не превышало референтных уровней, установленных гигиеническим нормативом [4].

В результате измерений содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в колодезной воде в 2017–2020 гг. установлено, что объемная активность данных радионуклидов в 99% отобранных проб не превышала значений МДА-метода, за исключением пробы воды из колодца в д. Гервяты (колодец около Костела), отобранной в 2017 г., в которой содержание  $^{90}\text{Sr}$  составило  $0,17 \pm 0,043$  Бк/л.

В 2021 г. в питьевой воде централизованных источников питьевого водоснабжения в ЗН БелАЭС уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  находились в пределах от  $0,26 \pm 0,05$  до  $3,91 \pm 0,78$  Бк/л, а уровни содержания  $^{90}\text{Sr}$  — на уровне ниже МДА. Значения суммарной альфа-активности варьировались от  $0,0101 \pm 0,0021$  в НП Чехи до  $0,0579 \pm 0,0116$  в НП Гервяты, а бета-активности — от значений ниже МДА метода до  $0,1117 \pm 0,0233$  Бк/л в НП Тайги.

В питьевой воде нецентрализованных источников питьевого водоснабжения (колодцы) в 2021 г. уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  находились в пределах от  $0,116 \pm 0,27$  до  $2,6 \pm 0,52$  Бк/л, а уровни содержания  $^{90}\text{Sr}$  — на уровне ниже МДА. Значения суммарной альфа-активности варьировались от  $0,0058 \pm 0,0012$  НП Гервяты до  $0,071 \pm 0,014$  в НП Михалишки, бета-активности — от значений ниже МДА до  $1,6195 \pm 0,3239$  Бк/л (НП Краковка), что превысило установленный норматив 1,0 Бк/л [4].

При этом за все годы наблюдений как до, так и после пуска БелАЭС в эксплуатацию в питьевой воде в ЗН значения объемной активности техногенных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  не превысили установленных нормативов: референтный уровень — 10 Бк/л [4] и РДУ-99–10,0 и 0,37 Бк/л [3]. Значения суммарной альфа-активности не превышали норматива — 0,5 Бк/л [4].

Уровни МЭД в НП, расположенных вблизи площадки строительства БелАЭС, в 2020 г. находились в пределах  $0,05$ – $0,12$  мкЗв/ч, что соответствует фоновым значениям этого параметра. В 2021 г. значения МЭД варьировались в пределах  $0,07$ – $0,12$  мкЗв/ч.

При анализе результатов измерений в рамках РГМ за 2018–2020 гг. в НП Браславского района, входящих в 30-километровую ЗН ИАЭС, установлено следующее.

В период наблюдений было отобрано и исследовано 50 проб молока. В 100% проб содержание  $^{137}\text{Cs}$  не превышало МДА метода ( $< 1,0$  Бк/л). Объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  изменялась от  $0,040 \pm 0,004$  Бк/л (НП Карасино, 2019 г.) до  $0,105 \pm 0,011$  Бк/л (НП Карасино, 2018 г.).

В растениеводческой продукции максимальные значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зарегистрированы в 2021 г. в НП Видзы: картофель —  $6,1 \pm 2,1$  Бк/кг; свекла —  $5,3 \pm 1,9$  Бк/кг; морковь —  $4,4 \pm 1,5$  Бк/кг; капуста —  $4,2 \pm 1,5$  Бк/кг. Также в 2021 г. были проведены единичные исследования иной растениеводческой продукции. В 3 пробах ягод из НП Гирейши удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  колебалась от значений ниже МДА до  $4,0 \pm 1,4$  Бк/кг. Также было исследовано 6 проб зелени из НП Гирейши и НП Дрисвяты: удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  варьировалась от значений ниже МДА до  $3,9 \pm 1,4$  Бк/кг. В 4 пробах фруктов содержание  $^{137}\text{Cs}$  находилось в пределах от значений ниже МДА до  $3,9 \pm 1,4$  Бк/кг. Также исследовались 3 пробы кабачков, в которых содержание  $^{137}\text{Cs}$  изменялось от  $3,9 \pm 1,4$  Бк/кг до  $4,1 \pm 1,4$  Бк/кг.

Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в пробах картофеля из НП Дрисвяты и НП Гирейши находилась в пределах от  $0,106 \pm 0,012$  Бк/кг до  $0,124 \pm 0,012$  Бк/кг, а в остальных пробах не превышала МДА метода. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в 9 пробах свеклы не превышала значений МДА метода, а в 3 пробах варьировалась от  $0,098 \pm 0,010$  Бк/кг до  $0,144 \pm 0,011$  Бк/кг.

Измерения содержания  $^{90}\text{Sr}$  в пробах моркови проводились в период 2018–2020 гг. (12 проб). В 9 пробах удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  не превышала значений МДА метода, а в 3 пробах варьировалась от  $0,043 \pm 0,004$  Бк/кг до  $0,142 \pm 0,014$  Бк/кг.

Измерения содержания  $^{90}\text{Sr}$  в пробах капусты в период 2018–2020 гг. показали, что в 9 пробах содержание  $^{90}\text{Sr}$  не превысило МДА метода, а в 3 пробах изменялось от  $0,093 \pm 0,010$  Бк/кг до  $0,136 \pm 0,014$  Бк/кг.

В целом за исследуемый период наблюдений 2018–2020 гг. содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пробах молока и плодоовощной продукции не превышало нормативы, установленные в РДУ-99 [3].

Анализ результатов измерений проб питьевой воды из централизованных и нецентрализованных источников водоснабжения за 2018–2020 гг. показал, что значения объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  не превышали МДА метода. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в пробах питьевой воды из централизованных источников составило от  $< 0,0042$  Бк/л до  $0,011 \pm 0,001$  Бк/л, из нецентрализованных источников — от  $< 0,0042$  Бк/л до  $0,022 \pm 0,002$  Бк/л.

По данным учреждений госсаннадзора, за период наблюдений (2017–2021 гг.) диапазон значений МЭД в 9 НП Браславского района Республики Беларусь, расположенных в ЗН ИАЭС, составил  $0,125$ – $0,133$  мкЗв/ч, что не превышает значений многолетних наблюдений.

Как при РГМ в ЗН Белорусской АЭС, так и при РГМ в ЗН Игналинской АЭС измерения содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде проводились до уровней содержания, установленных РДУ-99 [3], что фактически является проведением радиационного контроля и затрудняет проведение достоверной оценки доз облучения населения, проживающего вблизи площадки размещения АЭС. Поэтому в дальнейшем при проведении РГМ вокруг крупных ядерных объектов необходимо уделять внимание качеству проводимых измерений и унифицированно использовать приборы одного класса чувствительности, а также сохранять преемственность в выборе НП, в которых проводятся исследования.

На основе проведенного анализа существующих программ РГМ и результатов исследований, проводимых органами госсаннадзора в рамках РГМ вокруг Белорусской и Игналинской АЭС, и с учетом международных рекомендаций Международного агентства по атомной энергии, «лучших практик» других государств и программ проведения РГМ при эксплуатации АЭС Российской Федерации, Чехии разработан проект приказа Министерства здравоохранения Республики Беларусь «Программа проведения радиационно-гигиенического мониторинга пищевых продуктов и воды при эксплуатации Белорусской атомной электростанции» (далее — Программа), который планируется к утверждению в 2022 г.

Реализация данной Программы предусматривает внедрение следующих обязательных элементов РГМ, которые не должны изменяться:

- перечень объектов РГМ (пищевых продуктов, источников водоснабжения и др.);
- перечень определяемых радионуклидов;
- перечень реперных пунктов и точек наблюдений.

Реализация данной Программы предусматривает также введение обязательной термолюминесцентной дозиметрии населения, что позволит проводить оценку доз внешнего облучения населения, проживающего в ЗН БелАЭС.

Помимо оценки радиационной безопасности питьевой воды, отобранной из централизованных и нецентрализованных источников питьевого водоснабжения, Программой предусмотрен мониторинг объемной активности техногенных радионуклидов в воде р. Виляя, используемой населением в рекреационных целях.

В Программе представлен усовершенствованный регламент проведения измерений и уточнена периодичность отбора проб. Определены допустимые значения МДА методов измерений, требования к отбираемым пробам для обеспечения их представительности.

## Литература

1. О радиационной безопасности [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь, 18 июня 2019 г. № 198-З. — Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/H11900198\\_1561496400.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/H11900198_1561496400.pdf). — Дата доступа: 10.06.2022.
2. Об утверждении правил радиационно-гигиенического мониторинга [Электронный ресурс]: утв. приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь 14 декабря 2020 г. № 1333 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.
3. О введении Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) [Электронный ресурс]: постановление Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь от 26.04.1999 № 16: в ред. постановления 16.04.2001 № 26 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.
4. Критерии оценки радиационного воздействия: гигиен. норматив: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 28 декабря 2012 г. № 213 // Радиационная гигиена. — Вып. 4. — Минск, 2015. — С. 34–167.

Поступила 14.09.2022

### ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ И РАДИОНУКЛИДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Липницкий Л. В., radgimcge@yandex.by,*

*Нечай С. В.,*

*Устименко М. В.,*

*Кирдун Е. В.*

Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Могилев, Республика Беларусь

Несмотря на увеличение в последние годы в Могилевской области нерадиационных методов исследований (УЗИ, МРТ), рентгенодиагностика остается главным средством получения диагностической информации в клинической практике. Уровень облучения населения пропорционален частоте рентгенологических процедур (далее — РЛП) — числу рентгенпроцедур на 1000 человек населения, однако зависит от их структуры, а также от уровня технической оснащенности рентгенодиагностики и от степени профессиональной подготовки медицинских работников, назначающих и выполняющих эти исследования. В области отмечалась тенденция роста количества рентгенологических процедур. Так, частота РЛП в 2008 г. составляла 1210‰. В 2021 г. частота РЛП составила 1918‰. В 2008 г. и в 2021 г. в организациях здравоохранения области было проведено 1 349 741 и 1 947 423 РЛП соответственно. Вместе с тем в структуре рентгенологических исследований продолжался рост количества и вклад в дозу компьютерной томографии. На каждого жителя области в 1998 г. приходилась 1,0 процедура в год, в 2008 г. — 1,21 РЛП, в 2018 г. — 1,9 РЛП, в 2021 г. — 1,9 радиологической процедуры. Частота рентгенологических процедур постоянно растет с 2008 г. и увеличилась на 60%. Однако в последние 2 года темп прироста рентгенологических исследований снизился по причине уменьшения оказания населению плановой медицинской помощи, связанной с COVID-19. Число обследований на 1 жителя Республики Беларусь в 2018 г. составило 1,5. По данным литературных источников, в 2017 г. в Российской Федерации на каждого жителя страны приходилось 1,9 рентгенологической процедуры.

В структуре РЛП в области рентгенографические исследования занимают 60% (1159 на 1000 жителей), по отношению к 2008 г. их удельный вес в структуре практически не изменился (58%). Вклад профилактических рентгенографических исследований (ранее — флюорография) в общее количество РЛП составляет 31% и находится на втором месте после рентгенографических исследований. Удельный вес рентгеноскопических процедур в 2021 г. составил 1,2%, в 2008 г. — 2,3%, в последние годы их число находится практически на одном уровне. Специальные методы РЛП (рентгенохирургические, интервенционные, ангиографические под контролем рентгеновского излучения) занимают

в структуре небольшой удельный вес — 1 %, однако их число постоянно растет по причине увеличения количества ангиографических комплексов в организациях здравоохранения. Компьютерная томография является высокоинформативным методом исследований и распространена в зарубежных странах. По данным литературных источников, она составляет около 10 % вклада в общее число исследований в странах Евросоюза, около 20 % — в США. В Российской Федерации в 2017 г. вклад компьютерной томографии в общее число РЛП составил 4 %. В области вклад в общее количество компьютерных томографических исследований постепенно увеличивается: в 2008 г. в структуре составил 1,8 %, а в 2021 г. — 5,9 %, что связано с увеличением числа компьютерных томографов в медицинских учреждениях и потребностью в КТ-исследованиях в эпидемический период распространения вируса COVID-19. Так, в 2021 г. отмечался рост количества исследований на компьютерных томографах на 26 % по отношению к 2020 г., в 2020 г. по отношению к 2019 г. — на 19 %, в 2019 г. по отношению к 2018 г. — на 38 %. Вклад радионуклидной диагностики составляет по области 0,46 % от общего количества рентгенологических и радионуклидных исследований.

Показателем уровня лучевой нагрузки на население является коллективная доза (далее — КД) облучения. В совокупности рентгенологические и радионуклидные исследования сформировали в 2021 г. на население области коллективную дозу 747 чел.-Зв. По отношению к 2008 г. (коллективная доза 550 чел.-Зв) в 2021 г. отмечается рост КД медицинского облучения на 35 %. Данная тенденция обусловлена увеличением вклада высокодозной компьютерной томографии. В последние годы отмечается увеличение вклада рентгеновской компьютерной томографии в коллективную дозу от медицинского облучения, которая в 2021 г. составила 33,5 % (7 % — в 2008 г.). Преобладающий вклад в КД остается за рентгенографическими исследованиями и составляет 41 % (37 % — в 2008 г.). В будущем вклад в дозу обычных рентгенологических исследований и компьютерной томографии может сравняться с учетом увеличения числа последних, относящихся к высокоинформативным.

Важным показателем является среднегодовая эффективная доза на 1 жителя области, которая в 2021 г. составила 0,74 мЗв, имеет тенденцию роста (2008 г. — 0,48 мЗв). Рост составил 54 %. Полученные оценки средних доз облучения сопоставимы с данными в целом по стране и в других областях. Средняя эффективная доза облучения на 1 человека по республике в 2018 г. составила 0,54 мЗв/год, а средние дозы по г. Минску, Минской, Брестской, Гомельской, Витебской, Гродненской и Могилевской областям составили соответственно 0,73; 0,61; 0,77; 0,41; 0,52; 0,35; 0,54 и 0,48 мЗв/год. Примером значимости источников ионизирующего излучения (далее — ИИИ) служит структура доз облучения населения области. Так, в 2021 г. основной вклад в структуру коллективной дозы внесли природные и медицинские источники ионизирующего излучения (76,7 % и 22,6 % соответственно). Вклад облучения, обусловленного эксплуатацией ИИИ, относительно небольшой (0,5 %). Эффективные коллективные дозы от воздействия природных источников, медицинского облучения, чернобыльского загрязнения и глобальных выпадений составили соответственно 2553,3; 747,28; 15,37; 7,1 чел.-Зв в год. Для территории радиоактивного загрязнения вклад чернобыльской компоненты составляет около 10 %. В 2021 г. в связи с пандемией коронавирусной инфекции COVID-19 вклад медицинских источников в структуру доз облучения населения вырос до 23 %, т.е. рост составил 7 % по отношению к 2008 г.

Таким образом, рентгенологические исследования остаются одним из основных методов диагностики, их число имеет тенденцию увеличения. Быстрыми темпами растет количество компьютерной томографии, вклад от которой в коллективную дозу в ближайшие годы может превысить вклад от обычных рентгенографических исследований. Данная тенденция требует взвешенного подхода со стороны врачей-специалистов, ответственных за назначение и проведение данных информативных и одновременно с более высокой дозой облучения рентгенисследований. Оптимизация доз медицинского облучения населения области должна обеспечиваться путем технического перевооружения лучевой диагностики, дальнейшего роста профессионального уровня персонала, использования референтных диагностических уровней пациентов. Важным элементом системы радиационной защиты является система контроля и учета индивидуальных доз облучения пациентов, повышение достоверности оценок доз облучения возможно путем внедрения инструментальных методов измерений фактических доз пациентов, реализация принципа обоснования — посредством разработки и внедрения критериев обоснования назначений рентгенологических и радионуклидных исследований.

Поступила 01.09.2022

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ИНФОРМИРОВАННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ О РИСКЕ ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА

Оверченко А.В., к. г. н., [ala.overcenco@ansp.gov.md](mailto:ala.overcenco@ansp.gov.md),  
Корецкая Л.С., д. б. н., [liuba.koretski@ansp.gov.md](mailto:liuba.koretski@ansp.gov.md)

Национальное Агентство Общественного Здоровья, г. Кишинев, Республика Молдова

Население в целом получает около 50 % своей дозы естественного облучения через альфа-частицы радона и продуктов его распада. Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) рассчитал глобальную среднегодовую индивидуальную дозу облучения от всех источников в 3,0 mSv, из которых примерно 80 % (2,4 mSv) приходится на облучение от естественных источников всех типов. Общая среднегодовая доза облучения радоном оценивается в 1,15 mSv, что составляет чуть менее 50 % дозы облучения от всех природных источников и менее 40 % дозы облучения от всех источников [1].

Радон ( $^{222}\text{Rn}$ ) представляет собой бесцветный радиоактивный газ без запаха, который можно обнаружить повсюду — в воздухе, почве, горных породах, грунтовых водах и т.д. Длительное воздействие радона является ведущей причиной возникновения бронхолегочного рака у некурящих и резко увеличивает шансы бронхолегочного рака у курильщиков. Эпидемиологические исследования убедительно доказали наличие связи между воздействием жилищного радона и развитием бронхолегочного рака даже при относительно низких уровнях концентрации радона.

Восприятие риска вызывает озабоченность и заставляет людей принимать упреждающие решения для снижения рисков здоровью. Исследования показывают, что малообеспеченные сельские жители не осведомлены о вредных последствиях воздействия радона из-за отсутствия доступа к адекватной информации [2]. Информирование о радоноопасности и необходимости решения проблемы с концентрацией радона в зданиях является важным моментом в профилактике и снижении облучения населения ионизирующими излучениями, ведущим к реализации стратегии общественного здравоохранения.

В 2005 г. Всемирная организация здравоохранения (далее — ВОЗ) запустила Международный проект RADON (IRP) для разработки основанных на доказательствах руководящих принципов в области общественного здравоохранения, помогающих государствам-членам в формировании политики и стратегий по продвижению радоноопасности протоколов измерения и устранения радона, а также в разработке подходов к информированию населения о риске воздействия радона. В 2009 г. было опубликовано «Руководство ВОЗ по радону в помещениях: перспектива общественного здравоохранения», в котором содержатся как подробные рекомендации по снижению рисков для здоровья, вызванных воздействием, так и новые стратегии по предотвращению и уменьшению воздействия радона [3]. Многие страны приступили к разработке и реализации национальных программ контроля и снижения риска воздействия радона, достигнув различных успехов в зависимости от степени готовности систем здравоохранения. В то же время было реализовано несколько стратегий, включая повышение осведомленности населения, картирование радона, тестирование и снижение концентрации радона в государственном жилье и зданиях, а также предоставление специализированных консультаций [4].

С этой целью, в соответствии с общими требованиями Международного агентства по атомной энергии (далее — МАГАТЭ), рекомендациями Директивы Европейского Союза ЕВРАТОМ 2013/59/ и с использованием международных научных и практических источников, Национальным агентством общественного здравоохранения Республики Молдова были разработаны методические рекомендации для тех, кто занимается составлением и внедрением мер по информированию о риске воздействия жилищного радона на здоровье. В разработанном Руководстве была предложена рамочная структура коммуникационной кампании, основанная на подходе о социальных и поведенческих изменениях, предусматривающем участие всех вовлеченных сторон. Основными задачами информирования о риске радона являются повышение осведомленности заинтересованных сторон, поощрение измерений/контроля радона и устранение проблем, связанных с высоким содержанием радона в зданиях, а также стимулирование поддержки лиц, принимающих решения.

Процесс информирования о риске представляет собой последовательный и циклический алгоритм, направленный на достижение поставленных целей. Для проведения кампании по информированию о риске радона необходимо определить источник информации, которая будет транслироваться, затем формат сообщения, канал связи, по которому это сообщение будет доведено до на-

селения (целевых групп), и завершить этот процесс путем оценки эффективности кампании посредством повторного опроса вовлеченного населения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема процесса информирования

Два недавних национальных опроса населения (2019 г. и 2021 г.) о риске воздействия радона, основанные на методологии Европейского проекта по предотвращению и восстановлению радона (RADPAR) и руководстве МАГАТЭ, выявили довольно слабую осведомленность населения об этом риске [5]. Результаты опросов показали две основные лакуны: недостаточную осведомленность о радоне среди широких слоев населения страны и недостаточную осведомленность и понимание радоноопасности среди специалистов в различных областях. Таким образом, есть два направления, на которых необходимо сконцентрировать усилия и разработать соответствующие механизмы.

Для целевых групп широкой общественности информирование об опасностях воздействия радона должно быть довольно кратким, но привлекательным, в то время как для профессиональных целевых групп необходима более конкретная и техническая информация. К широкой общественности относятся, помимо определенных возрастных групп, группы лиц, не связанных непосредственно с обеспечением безопасности здоровья в своей повседневной деятельности.

В целевую группу широкой общественности (I) входят:

1) общее население с целевыми подгруппами молодежи, родителей, курильщиков и домовладельцев;

2) учебно-воспитательные учреждения с подгруппами всех уровней образования — от детских садов до университетов;

3) неправительственные организации.

В целевую группу специалистов (II) входят:

1) специалисты народного хозяйства (строители, промышленники, ремонтный персонал);

2) лица, принимающие решения (политики, органы местного и центрального публичного управления, финансовые структуры и т.д.);

3) надежные источники, которым доверяют (врачи, фармацевты, преподаватели предметов, связанных с риском радона, СМИ).

Иерархизация целевых групп по информированию о риске облучения радоном представляет собой эффективную информационную поддержку специалистов в области профилактики бремени болезней, связанных с воздействием радона. Для каждой целевой группы на национальном и местном уровне разработана рамочная структура информирования о риске радона, включающая источник информации, сообщение для целевой группы и каналы его распространения. Информация для целевых групп включает основное сообщение о вреде радона для здоровья и дополнительную информацию, раскрывающую специфику данной группы. Прямое информирование этих целевых групп о риске воздействия радона может снизить риск бронхолегочного рака, связанного с воздействием радона в жилых помещениях, с помощью методов снижения концентрации радона в жилище, путем строительства новых домов с использованием эффективных технологий предотвращения высоких концентраций радона в воздухе. Кроме того, косвенное информирование о радоноопасности лиц, чьи действия либо посредством принятия решений, либо путем привлечения внимания к проблеме радона могут изменить ситуацию, поможет повысить и улучшить осведомленность и восприятие населения и, таким образом, предотвратить и снизить риск воздействия радона в сообществах.

Разработка национальной коммуникационной кампании об опасности облучения радоном предполагает не только создание четкой организационной структуры и комплекса компонентов для мониторинга уровней радона, способствующих предупреждению и смягчению его вредного действия, но и предоставление услуг по информированию широкого населения и других заинтересованных сторон о радоноопасности.

Отправной точкой для инициирования деятельности по информированию о риске радона была разработка логотипа, связанного с контролем радона в зданиях. Далее последовало создание веб-страницы на основе веб-платформы Национального Агентства Общественного Здоровья ([https://ansp.md/control\\_radon](https://ansp.md/control_radon)), которая содержит различную информацию о радоне, его опасности для здоровья, измерениях концентрации радона, научные результаты, полезные ссылки по данной теме и т.д. Кроме того, дополнительным инструментом повышения осведомленности о радоноопасности яв-

ляется создание и ведение страницы в социальных сетях — например, в Facebook создана специальная страница, посвященная информированию населения о радоне и риске его воздействия для здоровья.

Важным информационным обеспечением является комплект листовок-флаеров, разработанных для 5 целевых групп — родителей, курильщиков, администрации образовательных учреждений, собственников жилья и медицинских работников. Каждая брошюра содержит основное сообщение и более конкретную информацию для каждой целевой группы об опасности радона для здоровья, а также рекомендации по действиям и мерам по контролю, профилактике и снижению риска воздействия радона.

Национальная кампания по информированию о риске воздействия радона требует участия нескольких действующих лиц в стране. Министерство здравоохранения Республики Молдова как учреждение на национальном уровне должно руководить внедрением и координацией, а также обеспечивать связь информирования о рисках с различными программами укрепления здоровья. Национальные агентства и другие заинтересованные стороны должны быть вовлечены в информирование о риске воздействия радона (рисунок 2).

Конкретная Национальная коммуникационная кампания по радону представляет собой много-секторальный план действий, который включает органы, ответственные за его реализацию, и ряд заинтересованных сторон: учреждения государственного сектора, частный сектор и НПО (гражданское общество), сфера услуг, представители общественности, рекламные агентства, исследовательские организации, СМИ и технические эксперты. Для проведения кампании по информированию о рисках рекомендуется создать на национальном уровне Межведомственную рабочую группу по радону, межведомственный орган без юридического лица, состоящий из представителей, назначенных участвующими учреждениями и органами. Для достижения целей кампании по информированию о рисках предлагается комплекс мер для всех вовлеченных в проблему институтов, как со стороны государства, так и со стороны неправительственных организаций, который охватывает мероприятия, координирующие и участвующие учреждения, временной период и ожидаемый результат. Воздействие коммуникационных кампаний по радоноопасности должно систематически оцениваться, обновляться, а подводные камни и извлеченные уроки должны открыто обсуждаться. Мониторинг и оценка помогают сравнить результаты деятельности коммуникационной кампании с заявленными целями и позволяют выявить факторы, которые благоприятствовали или ограничивали достижение конкретных целей, что, в свою очередь, способствует дальнейшему развитию национальной кампании по информированию о риске воздействия радона.



Рисунок 2 — Организации, участвующие в информировании о риске облучения радоном

Разработанные рекомендации необходимы в процессе организации кампании по информированию о риске воздействия радона и являются важной частью разрабатываемого Национального плана действий по радону. Информирование о рисках должно поддерживаться с течением времени, что означает повторение сообщений и кампаний по повышению осведомленности о риске воздействия радона. Поскольку негативное воздействие радона на здоровье человека является результатом длительного воздействия радона на организм, информирование о рисках также должно быть непрерывным и долгосрочным. Только так можно достичь цели снижения риска возникновения радонообусловленных заболеваний и их нагрузки на систему здравоохранения и общество в целом.

### Литература

1. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. The UNSCEAR 2020/2021 Report. Volume III scientific annex C: Biological mechanisms relevant for the inference of cancer risks from low-dose and low-dose-rate radiation. — New York, 2021. — 244 p.
2. Hill, W. G. Rural Parents' Perceptions of Risks Associated with Their Children's Exposure to Radon / W. G. Hill, P. Butterfield, L. S. Larsson // Public Health Nursing. — 2006. — Vol. 23, № 5. — P. 392–399.
3. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective / ed.: H. Zeeb, F. Shannoun. — Geneva, 2009. — 94 p.
4. Radon Management: Issues and options, 2012 [Electronic resource] / M. McBride & Associates Management Consulting Inc. — Mode of access: <https://www.health.gov.bc.ca/library/publications/year/2012/radon-management.pdf>. — Date of access: 20.07.2022.
5. Cunoștințele cetățenilor/rezidenților Republicii Moldova despre riscul expunerii la radon / L. Corețchi [et al.] // Sănătate publică, economie și management în medicină. — 2020. — № 5 (87). — P. 48–57.

*Исследование проведено в рамках реализации Государственной программы научных исследований «Количественная оценка риска для здоровья, связанного с воздействием ионизирующего излучения, в контексте Директивы EURATOM 2013/59/» № 20.80009.8007.20, при поддержке Национального Агентства по Исследованию и Развитию.*

Поступила 25.07.2022

## Раздел 2

# РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ТЕЗИСЫ

### СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЛУНИНЕЦКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Аветисов А.Р., к.м.н., доцент, [avetisov@tut.by](mailto:avetisov@tut.by)

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Известно, что проблема корректной статистической обработки данных является одной из ключевых в любом научном исследовании. Благодаря постоянному развитию математического аппарата статистических исследований и возможностей компьютерных технологий обработки данных появляются как *новые* инструменты анализа данных, так и возможности обработки больших массивов данных. В этой связи нами был проведен статистический анализ данных более чем 58 000 измерений доз внутреннего облучения по результатам измерений на спектрометре излучений человека (далее — СИЧ), осуществленных в Лунинецком районе Брестской области в период с 2015 по 2019 г.

Цель: изучить особенности статистического распределения данных измерений СИЧ у жителей Лунинецкого района Брестской области.

Задачи: изучить общие особенности статистического распределения данных, а также их зависимость от возраста, пола, уровня загрязнения территории  $^{137}\text{Cs}$  и других факторов.

Использованы данные 58 809 измерений СИЧ в Лунинецком районе за 2015–2019 гг. Предварительная математическая обработка результатов проводилась с помощью программы Microsoft Excel, статистическая обработка данных велась с помощью программ Statsoft Statistica 12 и OriginPro 2018.

Описательная статистика данных измерений доз внутреннего облучения с помощью СИЧ показала, что данные распределены весьма необычно. Выявлены выраженная бимодальность распределения, наличие выраженного эксцесса, асимметрии и длинных хвостов в распределении данных СИЧ. Сделан вывод о том, что распределение доз внутреннего облучения неоднородно и может быть представлено наложенными друг на друга распределениями, существенно зависящими от таких характеристик популяции, как пол, возраст и характер питания.

Обнаружено, что распределение данных в целом, а также каждое из бимодальных распределений не относятся к математически доказанным логнормальным. Установлено, что 83,3 % измерений формируют одномодальное распределение, приближающееся к нормальному, но являющееся таковым только для младшей возрастной группы (дети в возрасте 1–2 года). Также обнаружено, что в данной популяции в целом среднее значение дозы внутреннего облучения отличается от медианы дозы лишь на 2,7 %. В данной группе не выражены сезонные, а также значимые внутригрупповые различия в дозах внутреннего облучения, что указывает на схожесть путей формирования внутреннего облучения при проживании на указанной территории.

Сделан вывод о том, что, невзирая на допущения центральной предельной теоремы статистики, необходимо анализировать результаты измерений СИЧ, используя методы непараметрической статистики, а также разделять мультимодальное распределение как минимум на два одномодальных распределения для их последующей статистической оценки. Данный подход позволит выполнить наиболее корректную оценку доз внутреннего облучения жителей сразу по двум чрезвычайно важным направлениям: выявлению преобладающих факторов, которые определяют внутреннее облучение населения, ведущего привычный образ жизни на загрязненных радионуклидами территориях, а также выявлению дополнительных факторов, ведущих к формированию статистически значимой группы лиц, у которых доза внутреннего облучения существенно выше, чем в основной популяции. Это, в свою очередь, позволит выявить специфические поведенческие особенности в изучаемых когортах, объясняющие повышенные эффективные дозы внутреннего облучения части изучаемой когорты вне связи с такими параметрами, как пол, возраст или плотность радиоактивного загрязнения территории проживания.

Поступила 12.09.2022

## РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОВЕДЕНИЯ МИРНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА «ПИРИТ» В НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ

Библин А. М., *a.biblin@niirg.ru*,  
Храмцов Е. В., *zhenia.khrantzov2013@yandex.ru*,  
Репин В. С., д. б. н., *v.repin@niirg.ru*,  
Иванов С. А., *s.ivanov@niirg.ru*,  
Варфоломеева К. В., *k.varfolomeeva@niirg.ru*,  
Седнев К. А., *c.sednevv@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Мирный ядерный взрыв (далее — МЯВ) «Пирит» был проведен на территории Кумжинского газового месторождения в Ненецком автономном округе 25 мая 1981 г. на глубине 1470 м от поверхности земли (1510 м по стволу наклонной скважины) мощностью 37,6 килотонны тротилового эквивалента с целью гашения аварийного газового факела. Сотрудниками ФБУН «Санкт-Петербургский НИИ радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» в июне 2021 г. был проведен полевой этап работ по изучению состояния радиационной обстановки на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Пирит».

Полевые работы включали: определение географических координат точек измерений и отбора проб, измерение мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения, идентификацию гамма-излучающих радионуклидов *in situ* методом полевой гамма-спектрометрии, отбор проб верхнего (на глубину до 20 см) слоя почвы, отбор проб воды на содержание трития, фото- и видеосъемку.

Измерения мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы гамма-излучения (далее — МАЭД) выполнялись с использованием дозиметра ДКС-АТ1121 («АТОМТЕХ», Республика Беларусь). Полевая гамма-спектрометрия осуществлялась с использованием спектрометра МКС АТ6101Д («АТОМТЕХ», Республика Беларусь). Лабораторные измерения удельной активности радионуклидов в отобранных пробах почвы проводились на гамма-спектрометрической установке МКС-01А «МУЛЬТИРАД-гамма» (РАДЭК, Россия) с кристаллом NaI. Измерения удельной активности трития в счетных образцах выполнены на жидкостном альфа-бета спектрометре Quantulus-1220 с минимально детектируемой удельной активностью 2 Бк/кг.

Значения МАЭД, зафиксированные на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Пирит» (208 измерений), находятся в диапазоне 0,035–0,082 мЗв/ч. Эти значения соответствуют естественному региональному радиационному фону.

По результатам полевых гамма-спектрометрических исследований (11 измерений) на территории, прилегающей к месту проведения МЯВ «Пирит», не обнаружены участки с локальными уровнями повышенного радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ .

В ходе выполнения полевых работ были отобраны три пробы почвы. Максимальные значения удельной активности радионуклидов в пробах почвы на исследованной территории составили:  $^{137}\text{Cs}$  — < 3 Бк/кг,  $^{226}\text{Ra}$  — < 10 Бк/кг,  $^{232}\text{Th}$  — < 12 Бк/кг,  $^{40}\text{K}$  —  $241 \pm 63$  Бк/кг. Значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  во всех исследованных пробах почвы находятся на уровне фоновых значений и подтверждают результаты полевой гамма-спектрометрии.

В ходе выполнения полевых работ на исследованной территории были отобраны 24 пробы воды из поверхностных водоемов для лабораторного исследования на содержание трития. Минимальное значение удельной активности трития в отобранных пробах было ниже минимально детектируемой удельной активности 2 Бк/кг. Максимальное значение удельной активности в отобранных пробах составило 4,15 Бк/кг (ош. 15%), тогда как уровень вмешательства для трития в питьевой воде в соответствии с НРБ-99/2009 равен 7600 Бк/кг.

Таким образом, в результате экспедиционных исследований в месте проведения МЯВ «Пирит» на территории Ненецкого автономного округа установлено:

- 1) уровень мощности AMBIENTНОГО эквивалента дозы находится на уровне колебаний естественного регионального радиационного фона и находится в пределах 0,035–0,082 мЗв/ч;
- 2) участки локального загрязнения почвы техногенными радионуклидами отсутствуют;

3) содержание трития в воде природных водоемов не превышает уровней колебаний данного показателя на Европейской территории России;

4) территория, прилегающая к месту проведения взрыва, находится в удовлетворительном санитарном состоянии.

В связи с существующей потенциальной опасностью выхода техногенных радионуклидов из центральной зоны взрыва на поверхность для долговременного обеспечения радиационной безопасности необходимы организация радиационного мониторинга территории, прилегающей к месту проведения взрыва, определение границ охранной зоны и установка соответствующих информационных знаков, предупреждающих о радиационной опасности.

Поступила 12.09.2022

## **ОЦЕНКА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР (В ДИНАМИКЕ)**

*Веялкин И. В., к. б. н., доцент, veyalkin@mail.ru,*

*Дрозд Е. А., к. б. н., e. a.drozd@mail.ru,*

*Никонович С. Н., snikonovich@gmail.com*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Республика Беларусь

Радиационно-эпидемиологические исследования по установлению зависимости «доза — эффект» требуют наличия данных об индивидуальных накопленных с момента аварии на Чернобыльской АЭС дозах облучения. В созданном в целях контроля за состоянием здоровья населения Белорусском Государственном регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — Госрегистр), имеется ряд дозиметрических блоков данных, содержащих в себе информацию об индивидуальных дозах внешнего и внутреннего облучения населения Республики Беларусь, подлежащего контролю как подвергшееся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Из проведенного нами анализа литературных источников следует, что в Республике Беларусь практически отсутствуют сведения о количестве и качестве дозиметрической информации в Госрегистре, что, в свою очередь, осложняет планирование исследований или делает невозможным решение поставленных в планируемых проектах задач по оценке радиационных рисков развития заболеваний.

В связи с этим в данной работе была поставлена цель оценки дозиметрических блоков (RegCurDoz и REGINDOZ), содержащих данные о дозах внешнего и внутреннего облучения пострадавшего населения, состоящего на учете в Госрегистре.

Исходным материалом для данного исследования послужила сформированная дозиметрическая база данных Госрегистра, содержащая информацию о 15 961 измерении дозы внешнего облучения и 534 500 значениях доз внутреннего облучения, включая данные о дозах, полученных в результате рентгенодиагностических процедур. Статистический анализ данных проводился с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 и IBM SPSS Statistics. В работе приведена описательная статистика с использованием основных характеристик. При сравнении использовались методы непараметрической статистики (критерий Манна — Уитни).

В ходе работы была проведена полная оценка дозиметрического блока Госрегистра и сформирована база данных для последующего анализа содержащейся информации о дозах облучения, внесенных в соответствующие дозиметрические блоки Госрегистра.

Структура информационного блока данных дозиметрии за отчетный год (RegCurDoz) предполагает наличие данных о годовых дозах внешнего облучения. В наличии имеется информация о 15 961 значении дозы внешнего облучения. Анализ распределения доз внешнего облучения по годам с 1986 по 2019 г. показал, что максимальное количество доз отмечается у ликвидаторов (далее — ГПУ 1) в 1986 г., в этой же группе отмечаются и наиболее высокие значения доз внешнего облучения 57,0 [20,0; 95,23] мЗв. Со временем величина медианы распределения доз у ликвидаторов снижается и достигает значения 11,5 [3,78; 20,0] мЗв в 1989 г. В остальных ГПУ количество доз единично, что связано с отсутствием измерений дозы у эвакуированных и населения, проживающего на загрязненных территориях. Количество доз в Госрегистре увеличивается начиная с 1990 г. Возможно, из-

мерение доз в этих группах связано с их трудовой деятельностью или выполнением научных тематик по определению доз у населения, проживающего на загрязненных территориях. При этом медианы доз после 1995 г. не превышали значения 0,2 мЗв, за исключением парадоксальных значений в 6 мЗв в ГПУ 1 и ГПУ 2 в 2000–2004 гг., что, возможно, связано с некорректным внесением данных в Госрегистр, поскольку у 70 % лиц отмечались одинаковые значения в 6 мЗв на протяжении всего периода. При исключении этих показателей медиана дозы в этой группе составляет 0,02 [0,01; 0,02] мЗв. Важную роль играет указанный в рассматриваемом дозиметрическом блоке метод оценки доз внешнего облучения. Доля доз, рассчитанных из средних по населенному пункту для данной возрастной группы, составляла порядка 1 % для ликвидаторов и была максимальна в ГПУ 3 и ГПУ 4, достигая, соответственно, 27 % и 39 % в 2000–2004 гг. У ликвидаторов в первые 5 лет после аварии доля доз, рассчитанных на основе прямых измерений (данные индивидуальных дозиметров), достигала 80 % (5371 измерение). В поздние годы стали преобладать индивидуализированные дозы, однако ссылки на использованные для реконструкции дозы внешнего облучения методики в базе отсутствуют. В 1986 и 1987 гг. у ликвидаторов дозы, полученные на основе прямых измерений, статистически значимо отличались от индивидуализированных: 59,0 [21,0; 100,0] против 47,3 [18,8; 88,9] в 1986 г. и 19,55 [12,3; 27,0] против 15,1 [11,7; 20,0] в 1987 г. В 1988 г. значимых различий не отмечалось (8,2 [6,7; 22,9] против 8,2 [6,2; 24,15]). Таким образом, можно сделать вывод, что в данном дозиметрическом блоке Госрегистра содержится основная масса доз, которые могут представлять интерес для проведения эпидемиологических исследований, однако они могут быть использованы лишь для ограниченного круга заболеваний с высокой частотой встречаемости.

Данные дозиметрического блока REGINDOZ содержат 534 500 значений доз облучения (внутреннего облучения — 318 701 значение и 215 799 значений доз, полученных в результате рентгенодиагностических исследований) за период с 1986 по 2019 г. До середины 1990-х гг. количество внесенных в базу данных значений доз внутреннего облучения было небольшое, а дозы, полученные в результате рентгенодиагностических исследований, массово начали вноситься только после 2010 г. Медианы доз внутреннего облучения не превышают в основном значения 0,1 мЗв, максимальные значения отмечались лишь в первые годы после аварии и были единичны. Схожая картина наблюдается и для доз, сформированных за счет рентгенодиагностических исследований, где в конце 1990-х гг. дозы были порядка 0,6 мЗв и снижались с течением времени, что может быть связано с заменой старых рентгеновских аппаратов на более современные. В 2020–2021 гг. медиана доз от рентгеновских исследований составила 0,02 [0,02; 0,05] мЗв. В то же время максимальные значения доз, внесенных в Госрегистр, достигают величин в 900 мЗв. Такие значения единичны и, вероятно, ошибочны, но при небольшом количестве измерений могут сильно влиять на среднее значение. При распределении доз внутреннего облучения по ГПУ наибольшие медианные значения 6,46 [0,01; 46,77] мЗв достигались в ГПУ 1 и 1,7 [0,09; 3,75] мЗв в ГПУ 3 в 1987 г. на небольшом количестве измерений. Полученные данные из базы о дозах внутреннего облучения в основной массе имеют очень низкие значения и небольшой разброс, что делает проблематичным их использование для проведения сравнительного анализа.

Таким образом, проведенный анализ показал, что требуется доскональный пересмотр блоков дозиметрических данных RegCurDoz и REGINDOZ Государственного регистра с участием экспертов для верификации уже внесенной информации.

Поступила 26.09.2022

## **ОЦЕНКА НАКОПЛЕННЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР, ЗА ВЕСЬ ПЕРИОД ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Веялкин И.В., к. б. н., доцент, veyalkin@mail.ru,*

*Дрозд Е.А., к. б. н., e. a.drozd@mail.ru,*

*Никонович С.Н., snikonovich@gmail.com*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Республика Беларусь

В целях контроля за состоянием здоровья населения, подвергнувшегося радиационному воздействию, получения достоверных данных о медико-биологических последствиях катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС) и других радиационных аварий в Республике Беларусь был создан

Белорусский Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — Госрегистр). На данный момент в Госрегистре зарегистрировано 1 065 593 человека, из которых стоят на учете 716 004. База данных Госрегистра содержит информацию о лицах, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС и других радиационных аварий, представленных в семи группах первичного учета (далее — ГПУ).

Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости «доза-эффект» необходимо знание индивидуальных накопленных с момента аварии на ЧАЭС доз облучения. Как показывает анализ литературных источников, в Республике Беларусь практически отсутствуют сведения о количестве и качестве дозиметрической информации в Госрегистре, что осложняет планирование исследований или делает невозможным решение задач оценки радиационных рисков.

В связи с этим целью данной работы стала оценка имеющихся данных о дозах облучения пострадавшего населения, состоящего на учете в Госрегистре.

Исходным материалом для данного исследования послужили данные Госрегистра за период с 1986 по 2021 г. Сформированная дозиметрическая база данных Госрегистра содержит информацию о 559 674 значениях доз внешнего и внутреннего облучения для 132 270 человек. Использованы методы прикладной статистики. Статистический анализ данных проводился с помощью пакета прикладных программ MS Excel 2016 и IBM SPSS Statistics. В работе приведена описательная статистика с использованием основных характеристик. С помощью одностороннего критерия Колмогорова — Смирнова было показано, что распределение доз отлично от нормального, поэтому при сравнении использовались методы непараметрической статистики (критерий Манна — Уитни) и в описании данные приведены как медиана (далее — Me), 1 и 3 квартили.

Данные представлялись в разрезе ГПУ:

**ГПУ 1** — лица, принимавшие участие в работах по ликвидации катастрофы на Чернобыльской АЭС и ее последствий;

**ГПУ 2** — лица, эвакуированные или самостоятельно покинувшие зоны эвакуации в 1986 г.;

**ГПУ 3** — лица, проживающие или работающие в зонах первоочередного и последующего отселения, а также отселенные или самостоятельно выехавшие из этих зон после катастрофы;

**ГПУ 4** — лица, родившиеся от лиц, отнесенных к ГПУ 1–3, за исключением детей, включенных в ГПУ 2 и ГПУ 3;

**ГПУ 6** — лица, участвовавшие в ликвидации или пострадавшие от аварий и их последствий на других атомных объектах гражданского или военного назначения, а также пострадавшие от этих аварий или в результате испытаний, учений или иных работ, связанных с ядерными установками, включая ядерное оружие;

**ГПУ 7** — инвалиды вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС из числа граждан, не имеющих статуса «пострадавший от катастрофы на Чернобыльской АЭС», а также дети и подростки при обнаружении у них заболеваний кроветворных органов (острые лейкозы), щитовидной железы (аденома, рак) и злокачественных опухолей, если они не отнесены к другим ГПУ.

В ходе работы была проведена полная оценка дозиметрического блока Госрегистра и сформирована база данных для последующего анализа содержащейся информации о дозах облучения, внесенных в Госрегистр.

Дозиметрическая информация заносится в следующие базы Госрегистра: REGDZSUM (доза за весь период воздействия), REG86DOZ (дозы облучения щитовидной железы в 1986 г.), REGCS (содержание изотопов Cs во всем теле), REGCURDZ (данные дозиметрии за отчетный год), REGINDOZ (внутреннее облучение за отчетный год).

Общее количество данных о дозах облучения лиц из Госрегистра составляет 559 674 значения, из которых 96,3 % — дозы внутреннего облучения. Более 95 % данных — дозы для ГПУ 1–3. Для остальных ГПУ дозиметрическая информация представлена в основном дозами внутреннего облучения, полученными в результате измерений на СИЧ и/или при медицинских процедурах.

Анализ данных дозиметрического блока RegDzSum в части данных о суммарных дозах внутреннего облучения (1591 запись на 1565 человек) показал, что максимальное количество информации содержится для ГПУ 1 и ГПУ 3, в ГПУ 6 и 7 количество значений было единично. Было установлено, что в 23 случаях значения дозы внутреннего облучения превышали 50 мЗв и достигали значений свыше 520 мЗв (ГПУ 1) и 392 мЗв (ГПУ 3). При этом максимальные значения в ГПУ 2 и ГПУ 4 были очень низкими по сравнению с ГПУ 1 и 3 (1,2 и 5,3 мЗв соответственно). Наиболее высокая медиана доз внутреннего облучения наблюдалась в ГПУ 3 (1,0 [0,1; 14,4] мЗв) и статистически значимо отличалась от медианы доз в остальных ГПУ, где она не превышала 0,1 мЗв. При этом средние значения дозы в ГПУ 1 и ГПУ 3 за счет отдельных высоких значений были 2,3 и 10,6 мЗв соответственно.

Раздел дозиметрического блока RegDzSum, содержащий данные о суммарных дозах внешнего облучения, представлен всего 873 значениями для 865 человек из ГПУ 1–3 (при этом данные из ГПУ 2 содержат всего 3 значения). Максимальные значения достигали уровня 550 мЗв в ГПУ 1 и 419,7 мЗв в ГПУ 3. Медиана дозы в ГПУ 1 — 28,1 [8,9; 71,0] мЗв значительно отличалась от ГПУ 3 — 6,65 [0,51; 20,0] мЗв. Наименьшее значение отмечалось в ГПУ 2 — 0,05 [0,03; 1,1] мЗв. Данные в поле «суммарная внутренняя и внешняя доза облучения (DZTOTAL)» отсутствуют.

Что касается распределения количества доз облучения по годам, то наибольшее число доз внешнего облучения (318) было рассчитано в 1986 г., в то время как количество доз внутреннего облучения было единичным и стало приобретать массовый характер после 1990 г. Медиана доз внешнего облучения в 1986 г. составляет 45,7 [17,5; 91,0] мЗв (48,0 [19,15; 96,75] мЗв в ГПУ 1 и 37,0 [16,25; 56,52] мЗв в ГПУ 3;  $p=0,02$ ). Массовое наполнение Госрегистра дозами внутреннего облучения было в 1990–2009 гг. В данных дозиметрического блока за 1986 г. содержится всего 9 значений дозы внутреннего облучения для ГПУ 1 ( $Me = 99,0$  [17,0; 237,5] мЗв). С 1990 по 2009 г. медиана доз снижалась с 0,2 [0,05; 0,6] мЗв в 1990–1994 гг. до 0,06 [0,02; 0,06] мЗв в 2005–2009 гг. Такое количество данных недостаточно для проведения эпидемиологического исследования. В данном информационном блоке должна отражаться накопленная за весь период доза внешнего облучения, по факту же имеет место внесение информации в текущем году, как, например, единичное значение дозы внешнего облучения в 62,0 мЗв отмечено в 2002 г.

Таким образом, проведенная оценка имеющихся в Госрегистре данных о накопленных дозах внешнего и внутреннего облучения позволяет говорить, что индивидуальных доз облучения, содержащихся в Госрегистре, чрезвычайно мало, причем они представляют собой не накопленные за послеаварийный период дозы, а годовые и относятся к разным периодам у одних и тех же лиц. Таким образом, их явно недостаточно, и они не могут служить полноценной основой для проведения радиационно-эпидемиологических исследований.

Поступила 26.09.2022

## О НЕОБХОДИМОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ

Гусейнова Д. И., [dianahuseinava@gmail.com](mailto:dianahuseinava@gmail.com),  
Жукова О. М., к. т. н., доцент, [olga.zhukova.47@inbox.ru](mailto:olga.zhukova.47@inbox.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О радиационной безопасности» от 18 июня 2019 г. № 198-З для предупреждения, уменьшения и устранения неблагоприятного воздействия облучения на организм человека необходимым является проведение радиационного мониторинга объектов окружающей среды, радиационно-гигиенического мониторинга, а также радиационного контроля при эксплуатации АЭС.

Одним из наиболее важных объектов наблюдений радиационно-гигиенического мониторинга (далее — РГМ) является питьевая вода. Проведение РГМ питьевой воды требует выполнения ряда процедур, а именно:

- выбор пунктов наблюдений и места отбора проб;
- отбор проб;
- подготовка счетных образцов;
- измерение объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности;
- идентификация радионуклидов (измерение их концентраций);
- анализ данных измерений, расчет погрешностей;
- гигиеническая оценка питьевой воды по критериям радиационной безопасности.

В Республике Беларусь согласно требованиям по обеспечению радиационной безопасности населения критерием оценки качества питьевой воды по радиационным показателям является превышение значений объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности (0,5 Бк/л и 1 Бк/л соответственно). Содержание природных и техногенных радионуклидов в питьевой воде не должно превышать эффективную дозу облучения населения 0,1 мЗв/год, что не требует проведения мероприятий по снижению ее радиоактивности. Условием не превышения указанной дозы является содержание отдель-

ных радионуклидов в воде ниже референтных уровней, установленных гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

В результате анализа литературных и экспериментальных данных установлено:

– в природных водах из радиоактивных веществ в основном присутствуют  $^{222}\text{Rn}$ , изотопы радия ( $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ), изотопы урана ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ),  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  и  $^{40}\text{K}$ , встречаются изотопы тория ( $^{228}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ );

– в поверхностных и грунтовых водах в основном присутствуют  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , в следовых количествах — изотопы плутония ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ) и  $^{241}\text{Am}$ .

Согласно методическим рекомендациям РГМ питьевой воды осуществляется следующим образом. Проводится предварительная оценка безопасности воды путем определения объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности, которая не должна превышать 0,5 и 1,0 Бк/л соответственно. В случаях превышения объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности в пробах воды определяются природные радионуклиды:  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{40}\text{K}$ . В отдельных случаях возникает необходимость дополнительных исследований по определению объемной активности  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239, 240, 238}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ . Для определения объемных активностей вышеперечисленных радионуклидов требуется использование дорогостоящих высокочувствительных установок и радиохимических методик.

Для определения суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности питьевой воды рекомендуется использовать  $\alpha$ - $\beta$ -радиометрический метод. Измерения проводятся на низкофоновых  $\alpha$ - $\beta$ -радиометрах на основе полупроводниковых детекторов, сцинтилляционных детекторов или проточных пропорциональных счетчиков. Диапазон измерений объемной суммарной  $\alpha$ - и  $\beta$ -активности составляет 0,02–1,0  $\times 10^5$  Бк/л и 0,2–1,0  $\times 10^5$  Бк/л соответственно.

Для определения объемной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  рекомендуется применять  $\gamma$ -спектрометрический инструментальный,  $\beta$ -спектрометрический инструментальный или  $\beta$ -радиометрический методы. При проведении измерений используются  $\gamma$ -спектрометры на основе полупроводниковых детекторов,  $\beta$ -спектрометры и  $\beta$ -радиометры. Диапазон измерений составляет 0,1–1,0  $\times 10^5$  Бк/л.

Для определения объемной активности  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{239, 240, 238}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  рекомендуется использовать  $\alpha$ -спектрометрический и  $\alpha$ - $\beta$ -радиометрический методы. При проведении измерений используются  $\alpha$ -спектрометры на основе полупроводниковых детекторов или ионизационных импульсных камер. Диапазон измерений составляет 5,0  $\times 10^{-5}$ –1,0  $\times 10^3$  Бк/л.

Для определения объемной активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  рекомендуется использовать  $\gamma$ -спектрометрический и  $\alpha$ - $\beta$ -радиометрический методы. Измерения проводятся на  $\gamma$ -спектрометрах на основе полупроводниковых детекторов и низкофоновых  $\alpha$ - $\beta$ -радиометрах. Диапазон измерений составляет (0,05–0,1)–1,0  $\times 10^3$  Бк/л.

Для определения объемной активности  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  рекомендуется  $\alpha$ - $\beta$ -радиометрический метод. При проведении измерений используются  $\alpha$ - $\beta$ -радиометры на основе полупроводниковых детекторов, сцинтилляционных детекторов или проточных пропорциональных счетчиков. Диапазон измерений составляет 0,02–1,0  $\times 10^3$  Бк/л (для объемной суммарной  $\alpha$ -активности) и 0,05–1,0  $\times 10^3$  Бк/л (для объемной суммарной  $\beta$ -активности).

Для определения объемной активности  $^{222}\text{Rn}$  рекомендуется применять радиометрический метод. Диапазон измерений составляет 6–800 Бк/л.

В настоящее время не все лаборатории, проводящие РГМ питьевой воды, оснащены современным радиометрическим и  $\gamma$ -спектрометрическим оборудованием. В основном используются  $\alpha$ - $\beta$ -радиометры и  $\gamma$ -спектрометрические комплексы типа «Прогресс». В связи с этим определение радионуклидного состава проб питьевой воды вызывает определенные трудности.

Например,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  характеризуются низкими значениями референтных уровней (1,0 и 0,1 Бк/л соответственно). Определение таких низких уровней активности представляет собой методически сложную задачу.

Большинство лабораторий оснащены спектрометрами со сцинтилляционными детекторами, которые не обладают высокой чувствительностью и имеют низкое энергетическое разрешение, поэтому содержание естественных радионуклидов в природных водах, как правило, находится ниже порога чувствительности прибора. Для получения достоверных результатов требуются отбор больших объемов проб воды (10 л и более) и проведение пробоподготовки с концентрированием.

На сегодняшний день существует множество методик определения объемной активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ , но большинство из них трудно реализовать в производственных лабораториях из-за дорогостоящих реактивов и материалов, сложной подготовки проб, а также трудности обслуживания оборудования и длительности проведения измерений. С учетом вышеперечисленного актуален вопрос

о разработке новой методики измерения объемной активности  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  с целью уменьшения объемов пробы и сокращения времени выполнения измерений.

Имеющаяся на сегодняшний день в Республике Беларусь приборная и методическая база не позволяет провести измерение техногенных и природных радионуклидов в воде с использованием единого средства измерения. Таким образом, разработка и усовершенствование существующего приборного и методического обеспечения являются актуальной научной задачей и требуют научного решения.

Поступила 14.09.2022

## **ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫХ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И НАКОПЛЕННЫХ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ КРАСНОГО КОСТНОГО МОЗГА У ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР**

*Дрозд Е. А., к. б. н., e. a.drozd@mail.ru,  
Веялкин И. В., к. б. н., доцент, veyalkin@mail.ru,  
Никонович С. Н., snikonovich@gmail.com*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Республика Беларусь

Контроль состояния здоровья населения, подвергшегося радиационному воздействию, получения достоверных данных о медико-биологических последствиях катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС) в Республике Беларусь ведется с помощью данных, вносимых в Белорусский Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — Госрегистр). На данный момент база данных Госрегистра содержит информацию о 1 065 593 лицах, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС и других радиационных аварий, и представлена как семь групп первичного учета (далее — ГПУ) граждан, которые подлежат включению в Госрегистр.

Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости «доза-эффект» и оценки радиационных рисков необходимо наличие индивидуальных доз облучения лиц, включенных в Госрегистр, за каждый год с момента катастрофы на ЧАЭС. Основой для радиационно-эпидемиологических исследований при оценке риска развития рака щитовидной железы (далее — ШЖ) и лейкозов служат данные индивидуальных поглощенных в щитовидной железе доз (далее — ИДЩЖ) и индивидуальных эквивалентных доз облучения красного костного мозга (далее — ИДККМ).

В литературных источниках практически отсутствуют сведения о количестве и качестве дозиметрической информации, содержащейся в Госрегистре, что осложняет планирование исследований и усложняет, а в некоторых случаях делает невозможным решение поставленных в проекте задач.

В связи с этим оценка имеющихся данных о дозах облучения пострадавшего населения, состоящего на учете в Госрегистре, является актуальной.

Исходным материалом исследования являлась база данных с реконструированными индивидуализированными накопленными дозами, содержащая 111 034 значения ИДЩЖ, 92 721 значение ИДККМ. Статистический анализ данных проводился с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 и IBM SPSS Statistics. В работе использовались основные характеристики описательной статистики (медиана, 1 и 3 квартили), методы непараметрической статистики (критерий Манна — Уитни). Данные представлялись в разрезе ГПУ.

Проведенная оценка дозиметрического блока REG86DOZ Госрегистра, содержащего информацию о мощности дозы над ШЖ и поглощенной в ШЖ дозе, показала, что имеющихся в Госрегистре данных о дозах облучения щитовидной железы недостаточно, и они не могут служить полноценной основой для проведения радиационно-эпидемиологических исследований. В свою очередь данные о дозах облучения красного костного мозга в Госрегистре отсутствуют.

В сложившейся ситуации на базе ГУ «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека» (далее — ГУ «РНПЦ РМиЭЧ») в рамках НИР были разработаны методики и проведен расчет индивидуализированных поглощенных доз в красном костном мозге

(далее — ККМ) и окружающей костной ткани, и поглощенной в ЩЖ дозы для лиц, состоящих на учете в Госрегистре.

На данный момент с персональными данными Госрегистра сопоставлено 203 755 значений реконструированных доз облучения (92 721 на ККМ и 111 034 на ЩЖ).

Индивидуализированные дозы, поглощенные в ЩЖ, максимальны у эвакуированного населения — 0,86 [0,61–1,60] Гр и ликвидаторов — 0,62 [0,41–0,77] Гр, в отличие от доз в ЩЖ, приведенных в дозиметрическом блоке Госрегистра, где дозы у ликвидаторов минимальны. Это можно объяснить крайне малым количеством доз в базе Госрегистра и слабой репрезентативностью выборки.

Индивидуализированные дозы на ККМ максимально представлены для ГПУ 2 (91,0%), ГПУ 1 (50,0%) и ГПУ 3 (22,5%). Максимальные значения отмечаются у населения, проживающего на загрязненных территориях, — 60,32 [39,7–88,7] мЗв, и значимо выше, чем у ликвидаторов, — 32,1 [20,6–46,4] мЗв, и эвакуированных — 30,6 [15,9–41,1] мЗв, что связано с более длительным нахождением на загрязненных территориях.

Следует отметить, что проведенный нами ранее эпидемиологический анализ риска развития рака ЩЖ от индивидуализированных поглощенных в ЩЖ доз и лейкозов от индивидуализированных доз на ККМ позволил установить зависимость риска рака ЩЖ и отдельных лейкозов от соответствующих доз. Это может свидетельствовать об адекватной модели расчета индивидуализированных доз и возможности их использования в эпидемиологии. В то же время некоторые неточности в модели «доза — эффект» требуют дальнейшего совершенствования методик расчета индивидуализированных доз.

Таким образом, наиболее перспективным для эпидемиологических исследований видится использование базы данных индивидуализированных доз на ККМ и ЩЖ, рассчитанных в лаборатории радиационной защиты ГУ «РНПЦ РМиЭЧ», как наиболее большой по количеству и градиенту доз.

Поступила 26.09.2022

## **ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМОГО В РАМКАХ АВАРИЙНОГО РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В МЕСТАХ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ**

*Жукова О.М., к. т. н., доцент, olga.zhukova.47@inbox.ru,*

*Кляус В.В., к. б. н., vkliaus@gmail.com,*

*Николаенко Е.В., к. м. н., nikolaenko67@gmail.com,*

*Попова Е.Н., katia.popova6791@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Согласно Закону Республики Беларусь от 18 июня 2019 № 198-З «О радиационной безопасности» Министерство здравоохранения Республики Беларусь (далее — Минздрав) организует осуществление государственного санитарного надзора (далее — госсаннадзор) в части обеспечения радиационной безопасности, обеспечивает готовность и участие необходимых сил и средств в мероприятиях по защите населения при радиационных авариях.

Подразделениями Минздрава — учреждениями госсаннадзора проводится аварийный радиационный мониторинг (далее — АРМ) продуктов питания, питьевой воды и выполняется дозиметрическое обследование загрязненной территории в местах проживания населения с целью принятия защитных мер для населения на всех стадиях радиационной аварии только после прохождения радиоактивного облака.

Задачами дозиметрического обследования на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению вследствие радиационной аварии, являются:

- определение границ локальных зон загрязнения;
- измерение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (далее — МЭД);
- определение накопленных доз облучения населения, проживающего на этой территории, и лиц, участвующих в проведении дозиметрического обследования;
- измерение плотности потока бета-, альфа-излучения;

– определение уровней радиоактивного загрязнения объектов природной среды (для учреждений госсаннадзора — питьевой воды и продуктов питания).

Дозиметрическое обследование включает следующие операции:

- выбор по карте местности маршрута;
- выбор по карте контрольных точек на местности;
- подготовку поисковых приборов к работе в соответствии с руководством по эксплуатации;
- проведение измерений на маршруте и в контрольных точках.

Дозиметрическое обследование выполняется в реперных населенных пунктах (далее — НП), ближайших к АЭС, с максимальной численностью проживающего в них населения с использованием транспортных средств (мобильных лабораторий) или пешим порядком.

Для проведения измерений в реперных НП выбираются контрольные точки, в первую очередь на территориях детских учреждений, больниц и других социально значимых объектов.

Маршруты дозиметрического обследования с использованием транспортных средств прокладываются по проезжим дорогам с учетом имеющихся данных о масштабе и конфигурации радиоактивного загрязнения местности. Если на местности отсутствуют проезжие дороги, то следует наметить пешеходные маршруты поперек радиоактивного следа.

Дозиметрическое обследование в городах и крупных НП проводится вдоль улиц, через центральную часть НП и по замкнутому маршруту по окраине или вокруг НП.

Перед проведением дозиметрического обследования следует ознакомиться:

- с данными автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО);
- с метеорологическими параметрами;
- с ежедневными измерениями МЭД на ближайших метеостанциях (дозиметрических постах).

Перед отправкой на место аварии необходимо произвести предэксплуатационную поверку и проверку качества работы каждого прибора.

Порядок проведения измерений в реперных НП:

- измерения МЭД гамма-излучения и плотности потока альфа- и бета-излучения;
- при проведении дозиметрического обследования детектор дозиметра должен быть помещен в тонкопленочный полиэтиленовый пакет, находиться там в течение всего времени проведения обследования и быть направленным в сторону регистрации максимальных значений МЭД;
- при измерении плотности потока альфа-, бета-частиц детектор радиометра должен быть открыт;
- при проведении дозиметрического обследования с использованием транспортных средств один дозиметр, непрерывно работающий в режиме «Поиск», помещается на крыше, а второй — внутри транспортного средства;
- измерения МЭД следует начинать с момента движения транспортного средства или выхода на маршрут при пешеходном порядке обследования.

Результаты измерений МЭД в режиме «Поиск» и схема расположения контрольных точек фиксируются в протоколах измерений.

В местах, где величины МЭД изменяются на  $\pm 20\%$ , следует определить координаты места, произвести не менее 4 измерений МЭД на высоте  $(1 \pm 0,1)$  м от поверхности почвы, зафиксировать в протоколах результаты измерений и нанести на карту или схему местности.

На местности при частых изменениях показаний дозиметра (не менее чем на 20 %) выбираются дополнительные пешеходные маршруты и определяются дополнительные контрольные точки.

Порядок проведения измерений после выезда транспортного средства, которое может быть загрязнено радиоактивной пылью и грязью, из зоны радиоактивного загрязнения:

- провести измерения МЭД внутри транспортного средства, на рабочем месте оператора и на расстоянии от 20 до 30 см от транспортного средства;
- определить плотность потока альфа-частиц непосредственно на поверхности транспортного средства, поместив детектор в полиэтиленовый пакет;
- определить плотность потока бета-частиц на расстоянии 1–3 см от поверхности транспортного средства.

Требования к обеспечению безопасности персонала, участвующего в дозиметрическом обследовании:

- после работы на загрязненной территории персонал должен пройти дезактивацию;
- индивидуальный учет фактора времени, затраченного на проведение работ в зоне повышенной радиоактивности;
- индивидуальный контроль дозы внешнего облучения;
- индивидуальный контроль накопленной дозы.

Результаты исследований по планированию и проведению дозиметрического обследования, осуществляемого в рамках АРМ в местах проживания населения при авариях на АЭС, вошли в Инструкцию «Порядок планирования и проведения аварийного радиационного мониторинга продуктов питания, питьевой воды и мест проживания населения органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, при авариях на атомных электростанциях», утвержденную приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2021 № 1696.

Поступила 14.09.2022

## **КРИТЕРИИ ВЫБОРА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ИГНАЛИНСКОЙ АЭС**

*Кляус В. В., к. б. н., vkliaus@gmail.com,  
Жукова О. М., к. т. н., доцент, olga.zhukova.47@inbox.ru,  
Бабич Е. А., aljenababich@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Беларусь

В соответствии с международными рекомендациями и законодательством Республики Беларусь необходимо проводить оценку безопасности радиационных объектов для здоровья населения на всех стадиях их жизненного цикла путем проведения оценки доз облучения населения и оценки риска здоровью. Данная оценка может быть проведена с использованием данных радиационно-гигиенического мониторинга (далее — РГМ), который в соответствии с Законом Республики Беларусь от 18.06.2019 № 198-З «О радиационной безопасности» проводится Министерством здравоохранения Республики Беларусь, а именно органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор (далее — госсаннадзор). РГМ необходимо проводить вокруг всех действующих и эксплуатируемых в режиме нормальной эксплуатации радиационных объектов, использующих источники ионизирующего излучения.

В настоящее время РГМ проводится вокруг Белорусской АЭС, однако в Республике Беларусь имеются и другие объекты и территории, для которых требуется проведение РГМ. В непосредственной близости от границы Республики Беларусь с Литовской Республикой за пределами зоны наблюдения Белорусской АЭС расположены пункты долговременного захоронения радиоактивных отходов и пункты хранения отработавшего ядерного топлива Игналинской АЭС — всего 9 объектов с суммарным годовым выбросом радионуклидов в воздух, сравнимым с выбросом двух блоков Белорусской АЭС — порядка  $10^{15}$  Бк, в водную среду —  $10^{10}$  Бк. Расстояние от данных объектов до границы Республики Беларусь по зеркалу воды озера Дрисвяты составляет 3 км, а по суше — 4 км.

Важным этапом при разработке системы РГМ вокруг объектов использования атомной энергии на площадке Игналинской АЭС является определение перечня реперных населенных пунктов, в которых будут проводиться исследования. Размер зоны наблюдения для площадки Игналинской АЭС составляет 30 км, и в нее попадают населенные пункты, расположенные на территории Браславского района Витебской области.

Выбор реперных населенных пунктов должен проводиться с учетом следующих параметров:

- преобладающее направление ветров («розы ветров»);
- демографические данные населенного пункта (численность населения, возрастно-половой состав и т.д.);
- наличие сельскохозяйственного и промышленного производства;
- размещение автоматических пунктов измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения автоматизированной системы радиационного контроля радиационной обстановки (далее — АСКРО) и расположение метеостанций;
- наличие результатов мониторинга, проводимого органами государственного санитарного надзора в районе размещения площадки Игналинской АЭС.

Согласно Методическим указаниям Российской Федерации МУ 2.6.5.076–2015 «Мониторинг состояния окружающей среды на этапах жизненного цикла АС», утвержденным заместителем руководителя Федерального медико-биологического агентства России от 27.11.2015, для РГМ выбираются населенные пункты с численностью населения не менее 500 человек, желательна развитым

агропромышленным производством. Согласно данным, предоставленным ГУ «Браславский районный центр гигиены и эпидемиологии» (письмо от 29.08.2022 № 02–01/3133), на территории Браславского района, включая г. Браслав, проживает 27 103 человека. Наиболее крупными населенными пунктами по численности населения в Браславском районе являются Видзы (1356 человек) и Браслав (11 694 человека). Учитывая малую численность населения в данном регионе, при определении реперных населенных пунктов рассматривались населенные пункты с численностью населения не менее 100 человек.

Промышленный комплекс Браславского района состоит из пяти крупнейших промышленных предприятий: ОАО «Браславский льнозавод», ОАО «Торфобрикетный завод Браславский», производственный филиал «Браславрыба» (филиал Глубокского молочноконсервного комбината), ОАО «Глубокский молочноконсервный комбинат», Браславский хлебозавод (обособленное структурное подразделение ОАО «Витебскхлебпром»). Сельское хозяйство специализируется на развитии мясомолочного скотоводства, кормопроизводства, выращивании зерновых, зернобобовых и технических культур. Наиболее крупными сельскохозяйственными комплексами являются ОАО «Браславский райагросервис», ОАО «Слободка-агро», ОАО «Березовый край», СПК «Маяк Браславский», ОАО «Межаны», ОАО «АГРОВИДЗЫ», ОАО «Друйский», КУСП «Браславский», КУСП «Видзовский» и ПСХП «Урбаны».

Радиационный контроль и мониторинг объектов природной среды, измерения мощности эквивалентной дозы  $\gamma$ -излучения (далее — МЭД) с использованием АСКРО в зоне влияния Игналинской АЭС проводятся на регулярной основе ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее — Белгидромет) в следующих населенных пунктах: Урбаны, Карасино, Межаны, Дрисвяты, Опса, Видзы, Далекые, Браслав. Фильтровентиляционные установки (далее — ФВУ) и горизонтальный планшет (далее — ГП) размещаются в Браславе. С использованием ФВУ проводится отбор радиоактивных аэрозолей и определяется суммарная  $\beta$ -активность (1 раз в 10 дней), активность  $\gamma$ -излучающих радионуклидов (1 раз в месяц) и активность  $^{90}\text{Sr}$  (1 раз в квартал). С использованием ГП определяются суммарная  $\beta$ -активность (1 раз в 10 дней), активность  $\gamma$ -излучающих радионуклидов (1 раз в месяц) и активность  $^{90}\text{Sr}$  (1 раз в квартал) радиоактивных выпадений из атмосферного воздуха. Пункт радиационного мониторинга поверхностных вод находится в Пашевичах (оз. Дрисвяты), где 1 раз в квартал проводится отбор проб поверхностных вод и определяется объемная суммарная  $\alpha$ - и  $\beta$ -активность, активность радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , а также определяется активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в донных отложениях. Радиационный мониторинг почв проводится Белгидрометом в населенных пунктах Дрисвяты, Богоино, Браслав, Слободка по следующим показателям: МЭД, активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почве (1 раз в год каждые 5 лет). Таким образом, при разработке системы проведения РГМ в данном регионе может быть использован массив данных многолетнего радиационного мониторинга окружающей среды (воздух, вода, почва), выполняемого Белгидрометом в вышеприведенных населенных пунктах.

В настоящее время в 30-километровой зоне наблюдения Игналинской АЭС на территории Браславского района Витебской области органами госнадзора выполняются отбор проб и измерение уровней содержания техногенных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде в соответствии с утвержденной ГУ «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» схемой РГМ в следующих населенных пунктах: Опса, Видзы, Гирейши, Дрисвяты, Дворище, Карасино, Козяны, Заверье и Браслав. Отбор проб и измерение уровней содержания техногенных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в питьевой воде из источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения выполняются в рамках проведения радиационного контроля. Измерения уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде проводятся на соответствие Республиканским допустимым уровням содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99), утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26.04.1999 № 16. Однако оценка доз облучения и оценка влияния на здоровье населения, проживающего в данном регионе, в настоящее время не выполняются.

С учетом вышеперечисленных основных параметров выбора реперных населенных пунктов для проведения РГМ в 30-километровой зоне влияния Игналинской АЭС с целью последующей оценки доз облучения населения, проживающего на данной территории, определено 5 населенных пунктов в Браславском районе Витебской области, а именно Опса (551 человек), Видзы (1356 человек), Браслав (11 694 человека), Дрисвяты (220 человек), Карасино (165 человек).

Поступила 14.09.2022

## О ФАКТОРАХ РИСКА КАТАРАКТЫ У ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Микрюкова Л.Д., к.м.н., [mikludm@mail.ru](mailto:mikludm@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Уральский научно-практический центр радиационной медицины» Федерального медико-биологического агентства, г. Челябинск, Россия

Глаз является одним из наиболее радиочувствительных органов (орган-мишень). В отличие от однократного кратковременного облучения, при длительном хроническом воздействии наряду с повреждением протекают и восстановительные процессы.

Целью исследования был анализ показателей заболеваемости катарактой с 1955 по 2019 г. в когорте населения, облученного на Южном Урале, а также анализ радиационного риска заболеваемости катарактой. Впервые заболеваемость катарактой была оценена за длительный период наблюдения с 1955 по 2019 г. у лиц, подвергшихся хроническому радиационному воздействию в диапазоне малых и средних доз, на основе созданного в ФГБУН «Уральский научно-практический центр радиационной медицины» (далее — ФГБУН «УНПЦ РМ») регистра глазных болезней. Анализ показателей заболеваемости проведен с учетом индивидуализированных показателей дозы облучения на хрусталик глаза (TRDS-2016). Была выполнена оценка избыточного относительного риска развития катаракты методом «случай-контроль».

Общая изучаемая группа состояла из 14 751 человека (1955–2019 гг.), обследованного в стационаре ФГБУН «УНПЦ РМ». По состоянию на декабрь 2020 г. зарегистрировано 4658 пациентов с заболеванием катарактой. По результатам исследования (с 1955 по 2019 г.) установлено, что заболеваемость катарактой увеличивается с возрастом и, соответственно, старением когорты, улучшением качества диагностики и обследования больных. Число случаев катаракты больше у женщин, чем у мужчин (3169 и 1489 соответственно). Стандартизованный коэффициент заболеваемости катарактой за все годы наблюдения составил 172,94 (95 % ДИ: 168,1–177,78). При исследовании зависимости заболеваемости катарактой от дозы на хрусталик выявлена тенденция увеличения заболеваемости катарактой с увеличением дозы облучения. Риск развития катаракты в зависимости от дозы облучения хрусталика в результате исследования с применением метода «случай-контроль» составил 1,10 (95 % ДИ: 1,00–1,21). По результатам проведенного математического моделирования из построенных трех регрессионных моделей (линейная, логарифмическая, полулогарифмическая), отражающих зависимость времени между началом облучения и появлением катаракты от различных факторов, по результатам тестирования наиболее устойчивой моделью оказалась линейная модель. Коэффициент значимости ( $R^2$ ) полученной линейной модели составил 0,63. Значимыми факторами для развития катаракты являются пол, возраст, этническая принадлежность.

По итогам проведенного исследования установлено, что по календарным периодам наблюдения заболеваемость катарактой в наблюдаемой когорте увеличивается. Число случаев катаракты у женщин больше, катаракта после начала радиационного воздействия раньше развивается у тюркитов. Также установлена тенденция повышенного влияния дозы облучения на увеличение риска появления катаракты.

Поступила 05.09.2022

## ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ АВАРИЙНОГО РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ АВАРИЯХ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

*Николаенко Е. В., к. м. н., nikolaenko67@gmail.com,  
Кляус В. В., к. б. н., vklaus@gmail.com,  
Жукова О. М., к. т. н., доцент, olga.zhukova.47@inbox.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Актуальность проведения исследований по планированию и организации аварийного радиационного мониторинга (далее — АРМ) продуктов питания и питьевой воды обусловлена пуском в 2020 г. первого энергоблока Белорусской АЭС и функционированием у границ Республики Беларусь АЭС сопредельных государств — Ровенской АЭС в Украине (65 км от границы) и Смоленской АЭС в Российской Федерации (80 км от границы). Согласно требованиям МАГАТЭ, национальных нормативных правовых актов для обеспечения готовности к аварийному реагированию в случае аварии на АЭС (как в Республике Беларусь, так и за ее пределами) необходима организация системы АРМ окружающей среды, включающей мониторинг продуктов питания и питьевой воды.

В соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22 марта 2018 г. № 211 «Об утверждении плана защитных мероприятий при радиационной аварии на Белорусской атомной электростанции (внешнего аварийного плана)» в случае аварии на АЭС Министерство здравоохранения помимо остальных задач выполняет контроль содержания радионуклидов в пищевых продуктах местного производства и питьевой воде. В связи с этим возникает необходимость разработки методических подходов к проведению АРМ продуктов питания и питьевой воды для органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор (далее — госсаннадзор).

Для Белорусской АЭС в соответствии с внешним аварийным планом АРМ должен планироваться и проводиться в следующих зонах аварийного планирования: зоне предупредительных мер (далее — ЗПМ) радиусом 3 км; зоне планирования срочных защитных мер (далее — ЗПСМ) — 15 км; радиусе расширенного планирования (далее — РПП) — 100 км. Для АЭС сопредельных государств — Смоленской и Ровенской АЭС — АРМ должен планироваться и проводиться в РПП (100 км). В зоне планирования мер в отношении продуктов питания и товаров (далее — ЗОПП) радиусом 300 км вокруг всех АЭС АРМ необходимо проводить для целей введения или снятия ограничений потребления местных продуктов питания и питьевой воды.

Для разработки программы АРМ продуктов питания и питьевой воды специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» выполнен прогноз последствий тяжелых запроектных аварий на Белорусской, Ровенской и Смоленской АЭС, проведена оценка максимально возможных уровней загрязнения пищевых продуктов основными дозообразующими радионуклидами —  $^{131}\text{I}$  и  $^{137}\text{Cs}$  и доз внутреннего облучения населения за счет потребления загрязненных пищевых продуктов местного производства (лиственные овощи, молоко, мясо, картофель) на ранней стадии аварии (за первые сутки и 7 суток) в РПП. В результате оценки, выполненной с помощью программного комплекса J-RODOS, установлено, что максимальные уровни содержания  $^{131}\text{I}$  и  $^{137}\text{Cs}$  на раннем этапе аварии будут наблюдаться в листовых овощах. Так, за первые сутки после аварии на Белорусской АЭС на расстоянии 3 км от площадки удельная активность  $^{131}\text{I}$  в листовых овощах может достигать до 651 кБк/кг, в молоке — до 89,6 кБк/л. При этом максимальная удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  составит до 42 кБк/кг в листовых овощах, до 2,3 кБк/л в коровьем молоке, до 61,2 Бк/кг в мясе и до 5,8 Бк/кг в картофеле.

АРМ продуктов питания и питьевой воды должен проводиться на соответствие установленным внешним аварийным планом БелАЭС и рекомендованным МАГАТЭ действующим уровням вмешательства (далее — ДУВ), представляющим собой измеряемые критерии, при превышении которых необходимо немедленно приступить к проведению соответствующих защитных мер. В соответствии с внешним аварийным планом численные значения ДУВ для введения ограничения на потребление продуктов питания и питьевой воды при ядерных авариях составляют: ДУВ 5 — объемная суммарная бета-активность — 100 Бк/кг и альфа-активность — 5 Бк/кг, ДУВ 7 — объемная (удельная) активность в молоке и листовых овощах, питьевой воде  $^{131}\text{I}$  — 1000 Бк/кг и  $^{137}\text{Cs}$  — 200 Бк/кг, при превышении которых должны проводиться измерения содержания отдельных радионуклидов в пробе на соответствие ДУВ 6 — уровни для оценки содержания отдельных радионуклидов в продуктах питания и питьевой воде.

При разработке метода проведения АРМ пищевых продуктов и питьевой воды при авариях на АЭС проведен сбор данных и анализ за период с 2014 по 2019 г. демографических показателей, потребления продуктов питания, характера водопользования в населенных пунктах, которые входят в РРП Белорусской АЭС (10 районов Минской, Гродненской и Витебской областей), в РРП Ровенской АЭС (Дрогичинский, Столинский, Ивановский и Пинский районы Брестской области) и в РРП Смоленской АЭС (Кричевский, Мстиславский, Климовичский и Хотимский районы Могилевской области). Подготовлена база данных демографических показателей, потребления продуктов питания, характера водопользования в населенных пунктах, входящих в зоны аварийного планирования АЭС.

Подготовлены данные о характере землепользования в районах, которые входят в зоны аварийного планирования АЭС, включающие информацию по основным типам почв, сельскохозяйственным культурам, коэффициентам перехода радионуклидов в системе (почва-растение).

Для оценки возможностей проведения АРМ продуктов питания и питьевой воды проведен анализ имеющейся методической базы и приборного обеспечения учреждений госсаннадзора, находящихся в РРП Белорусской, Ровенской и Смоленской АЭС. По состоянию на 2020 г. существующая лабораторная база учреждений госсаннадзора включала 31 дозиметр, 24 радиометра, 14 спектрометров, что позволяет в случае аварии измерить: объемную (удельную) активность радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах, питьевой воде, сельскохозяйственном сырье и кормах; мощность эквивалентной дозы гамма-облучения во внешней среде, жилых и общественных зданиях; индивидуальный эквивалент дозы и мощность индивидуального эквивалента дозы; плотность потока альфа-частиц и плотность потока бета-частиц (радиоактивное загрязнение поверхностей оборудования производственного и бытового назначения).

В результате выполнения исследований подготовлена и утверждена приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2021 № 1696 инструкция «Порядок планирования и проведения аварийного радиационного мониторинга продуктов питания, питьевой воды и мест проживания населения органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, при авариях на атомных электростанциях», устанавливающая порядок планирования и проведения АРМ продуктов питания, питьевой воды и мест проживания населения при авариях на Белорусской, Ровенской и Смоленской АЭС.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы учреждениями госсаннадзора и ситуационным кризисным центром Министерства здравоохранения Республики Беларусь для выполнения возложенных на них задач по аварийному реагированию на радиационные аварии на АЭС, включая проведение АРМ местных продуктов питания и питьевой воды, населенных пунктов, выполнение прогноза доз облучения населения и введение запрета на потребление местных продуктов питания и воды из открытых источников водоснабжения, а также для последующей разработки инструкций, планов и процедур по обеспечению аварийной готовности и реагирования.

Поступила 14.09.2022

## **ГРАНИЧНЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ И МАКСИМАЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ РИСКИ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС**

*Николаенко Е. В., к. м. н., radiation.safety@rspch.by,*

*Роздяловская Л. Ф., zav\_radsafety@rspch.by,*

*Елизарова Н. В., zav\_radsafety@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Согласно национальным и международным требованиям в области радиационной безопасности, на протяжении всего срока эксплуатации Белорусской АЭС (далее — БелАЭС), а также на этапе вывода ее из эксплуатации должны предусматриваться меры, обеспечивающие контроль воздействия радиационного фактора на население и поддержание доз облучения и радиационных рисков здоровью населения на реально достижимом минимальном уровне (принцип оптимизации ALARA). В качестве одного из инструментов оптимизации радиационной защиты Международная комиссия

по радиационной защите (далее — МКРЗ) ввела концепцию граничной дозы (далее — ГД), которая используется для ограничения диапазона вариантов доз облучения населения или персонала при эксплуатации конкретного источника ионизирующего излучения (далее — ИИИ) или ситуации облучения. Значение ГД населения для БелАЭС (100 мкЗв/год) установлено санитарными нормами и правилами «Требования к радиационной безопасности», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213 (далее — НРБ-2012). Оно характеризует верхнюю границу допустимого уровня годовой эффективной дозы облучения (далее — ГЭД), которая может быть получена репрезентативным лицом из населения в результате воздействия радиоактивных выбросов и сбросов БелАЭС в условиях нормальной эксплуатации станции.

Практическая реализация принципа оптимизации на АЭС путем установления ГД состоит в том числе в установлении на ее основе нормативов мощностей предельно допустимого выброса радиоактивных веществ в атмосферу и предельно допустимого сброса жидких отходов в поверхностные водоемы. Эффективность процесса оптимизации демонстрируется результатами определения ГЭД населения от проектных и фактических выбросов и сбросов БелАЭС, которые по результатам наших исследований не превышают 10 % от установленного значения ГД.

В соответствии с «Положением о порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней», утвержденным приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.08.2020 № 881, значение ГД для населения от планируемой эксплуатации БелАЭС может быть пересмотрено «по решению учреждений государственного санитарного надзора на основании оценок радиологического воздействия БелАЭС на население при наличии предпосылок и возможности его снижения за счет внедрения эксплуатирующей организацией новых мер или технологий защиты». В случае принятия такого решения для определения обновленного значения ГД населения может быть использован метод определения ГД, разработанный республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» (далее — НПЦГ) в рамках выполнения задания ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» на 2021–2025 гг. (далее — ГНТП). Данный метод основан на проведении сравнительного анализа ГЭД, получаемой населением от лучшей практики при эксплуатации станций — аналогов БелАЭС в зоне наблюдения, и ГЭД населения, прогнозируемой от выбросов и сбросов радиоактивных веществ при эксплуатации БелАЭС после изменения условий, потенциально влияющих на радиационную обстановку вокруг АЭС (например: совершенствование процесса контроля, внедрение новых технологий, новых защитных мероприятий, введение в эксплуатацию новых установок или приостановление их действия и т. п.).

Оценка ГЭД репрезентативного лица выполняется с помощью программных кодов или методов, рекомендованных международными организациями для оценки доз облучения населения при нормальной эксплуатации АЭС. В качестве модельных параметров, характеризующих репрезентативное лицо БелАЭС (рацион питания, привычки, тип жилища и т. п.), используются параметры, получаемые посредством анкетирования населения в зоне наблюдения (далее — ЗН), которое необходимо проводить при изменении рациона питания населения или социально-экономических условий более чем на 25 %, но не реже 1 раза в 5 лет.

Согласно методу при расчетах ГЭД необходимо использовать единый метеосценарий, характеризующий среднегодовые метеоусловия, усредненные по данным как минимум за 3-летний период в районе площадки БелАЭС, и гидрологические условия на реке Вилия.

ГЭД репрезентативного лица должна оцениваться для всех нормируемых радионуклидов, для которых установлены значения предельно допустимых и допустимых выбросов (инертные радиоактивные газы,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$ ) и сбросов ( $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ).

В режиме оптимизации установленное для БелАЭС значение ГД определяет верхнюю границу дозового диапазона, внутри которого проводится оптимизация защиты населения от воздействия БелАЭС. Этому диапазону соответствует область оптимизации допустимых радиационных рисков, верхняя граница соответствует значению граничной дозы, которое ниже значения предельного допустимого индивидуального пожизненного радиационного риска, установленного НРБ-2012 ( $5 \times 10^{-5}$ ), соответствующего нормативу предела дозы облучения населения 1 мЗв/г, а нижняя граница находится на уровне пренебрежимо малого риска ( $10^{-6}$ ) и соответствует дозе 10 мкЗв/г.

Для определения радиологических рисков, являющихся приемлемыми для населения в режиме оптимизации, в рамках задания ГНТП научно обоснован и разработан метод оценки максимального приемлемого пожизненного радиологического риска заболеваемости населения злокачественными новообразованиями (далее — МППРЗ). МППРЗ населения, проживающего в ЗН БелАЭС, определяет вероятность возникновения у репрезентативного лица в течение всей предстоящей жизни онко-

логического заболевания, обусловленного равномерным техногенным облучением граничной дозой в течение заданного периода наблюдения. В этих условиях отличия влияния на радиологический риск эквивалентных доз в органах и тканях в сравнении с эффективной дозой являются незначительными.

Для определения МППРЗ установленное значение ГД умножается на соответствующий коэффициент пожизненного избыточного радиационного риска онкологической заболеваемости (далее —  $K_{\text{прз}}$ ) в расчете на 1 Зв равномерного техногенного облучения. В рамках выполняемого исследования значения  $K_{\text{прз}}$  были рассчитаны с помощью математических моделей МКРЗ и Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН) после их модификации на основе демографических и медико-статистических показателей онкозаболеваемости и смертности населения Республики Беларусь. Коэффициенты позволяют рассчитывать пожизненные радиационные риски заболеваемости злокачественными новообразованиями для лиц из населения, принадлежащих к популяции Республики Беларусь, в зависимости от их пола и возраста на момент облучения.

Метод определения ГД облучения населения и метод оценки МППРЗ при нормальной эксплуатации БелАЭС изложены в инструкции по применению, разработанной НПЦГ и утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь от 28.01.2022 № 009–1121.

Применение разработанного метода позволит реализовать принцип оптимизации радиационной защиты, оценивать радиационные риски воздействия БелАЭС на здоровье населения при нормальной эксплуатации и обосновывать приоритетные мероприятия, направленные на снижение радиационного риска для населения, проживающего в ЗН.

Поступила 14.09.2022

## **ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В 1986 Г. У ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР**

*Никонович С. Н., snikonovich@gmail.com,  
Веялкин И. В., к. б. н., доцент, veyalkin@mail.ru,  
Дрозд Е. А., к. б. н., e. a.drozd@mail.ru*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», г. Гомель, Республика Беларусь

С первых дней аварии и до настоящего времени перед здравоохранением стоит задача постоянного наблюдения за состоянием здоровья пострадавшего населения, в том числе и лиц, принимавших участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС).

В целях контроля за состоянием здоровья населения, подвергнутого радиационному воздействию, в Республике Беларусь был создан Белорусский Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (далее — Госрегистр). Структура базы данных Госрегистра включает в себя несколько информационных блоков: блок идентификации личности; блок перемены места жительства после аварии; блок дозиметрической информации; блок сведений о заболеваемости; блок других сведений; технический блок базы данных. Блок дозиметрической информации предполагает содержание количественных данных об индивидуальных накопленных дозах внешнего и внутреннего облучения.

Для проведения радиационно-эпидемиологических исследований по установлению зависимости «доза – эффект» необходимо знание индивидуальных накопленных с момента аварии на ЧАЭС доз облучения. Из 280 тыс. лиц, включенных в Госрегистр (ГПУ 1–3), лишь у единиц имеются разрозненные сведения о годовых дозах внешнего облучения. Эти данные не могут служить основой для радиационно-эпидемиологических исследований. Для лиц, включенных в Госрегистр, необходимо реконструировать индивидуализированные дозы внешнего облучения, накопленные с момента чернобыльской аварии. Эту задачу можно решить, изучив закономерности формирования доз внешнего облучения. Как показывает анализ литературных источников, в Республике Беларусь практически отсутствуют сведения о количестве и качестве дозиметрической информации в Госрегистре, что осложняет планирование исследований или делает невозможным решение поставленных в проекте задач.

В связи с этим целью данной работы стала оценка имеющихся данных о дозах облучения щитовидной железой (далее — ЩЖ) у пострадавшего населения, состоящего на учете в Госрегистре.

Исходным материалом для данного исследования послужили данные Госрегистра.

Статистический анализ данных проводился с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2016 и IBM SPSS Statistics. В работе приведена описательная статистика, при сравнении использовались методы непараметрической статистики (критерий Манна — Уитни), и в описании данные приведены как медиана, 1 и 3 квартили.

В ходе работы была проведена полная оценка дозиметрического блока REG86DOZ Госрегистра и сформирована база данных для последующего анализа.

В блоке Госрегистра содержится информация о мощности дозы над ЩЖ и поглощенной дозе в ЩЖ. В базе данных о дозах облучения щитовидной железой в 1986 г. (REG86DOZ) содержится 64 473 записи о мощности дозы над щитовидной железой. При этом о поглощенных в щитовидной железе дозах имеется только 1856 записей, отличных от нуля. Мощность дозы над щитовидной железой варьировала от 0 до 9800 мкР/час, медианное значение составило 240,0 [120,0; 500,0] мкР/час. Максимальное количество расчетных значений поглощенной дозы (1760) было в мае 1986 г. В другие месяцы количество рассчитанных доз единично (65 — в июне, 3 — в июле и 27 — в другие годы), и использование этих данных затруднительно. Наиболее высокие дозы в мае 1986 г. отмечались у эвакуированного населения (63,5 [19,5; 89,5] мЗв). У ликвидаторов и населения, отнесенного к ГПУ 3 медианы доз (30,0 [16,0; 54,0] мЗв и 37,0 [19,0; 80,0] мЗв соответственно) статистически значимо различались. Других значимых различий доз между ГПУ отмечено не было, что связано с небольшим количеством измерений в ГПУ 2.

Таким образом, по результатам оценки имеющихся в Госрегистре данных о дозах облучения щитовидной железой в 1986 г. можно сделать вывод, что индивидуальных доз облучения, содержащихся в Госрегистре, мало. При этом они (в основном) датируются маем 1986 г. Такого количества доз явно недостаточно, и они не могут служить полноценной основой для проведения радиационно-эпидемиологических исследований.

Поступила 26.09.2022

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В 100-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СМОЛЕНСКОЙ АЭС**

*Попова Е. Н., katia.popova6791@gmail.com,  
Жукова О. М., к. т. н., доцент, olga.zhukova.47@inbox.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В соответствии с законодательством Республики Беларусь и рекомендациями МАГАТЭ при авариях на АЭС с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду в радиусе 100 км от АЭС необходимо планировать аварийный радиационный мониторинг (далее — АРМ) питьевой воды.

Смоленская АЭС (3 энергоблока с реакторами типа РБМК-1000) расположена на юге Смоленской области в 75 км от границы с Республикой Беларусь. В 100-километровую зону влияния Смоленской АЭС входят частично территории 4 районов Могилевской области — Климовичского, Кричевского, Мстиславского и Хотимского.

Для оптимального и эффективного АРМ питьевой воды на белорусской территории 100-километровой зоны влияния Смоленской АЭС по данным УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» (далее — УЗ «Могилевский ОЦГЭиОЗ») и Государственного водного кадастра проведен анализ имеющихся на данной территории источников питьевого водоснабжения.

Обеспечение населения питьевой водой на белорусской территории 100-километровой зоны влияния Смоленской АЭС осуществляется с использованием как централизованных (артезианские скважины предприятий жилищно-коммунального хозяйства (далее — ЖКХ) или иной ведомственной принадлежности), так и нецентрализованных (шахтные колодцы) источников водоснабжения. Открытые поверхностные источники не используются для снабжения питьевой водой населения указанных районов. Основным источником питьевого водоснабжения в анализируемом регионе является централизованное водоснабжение.

Исходя из особенностей водоснабжения части территории Республики Беларусь, входящей в 100-километровую зону влияния Смоленской АЭС, ввиду отсутствия открытых источников водоснабжения в случае возникновения радиационной аварии наиболее уязвимыми источниками питьевого водоснабжения являются колодцы.

В связи с этим целесообразно в первую очередь проводить АРМ питьевой воды, отобранной из колодцев. Критерием для выбора колодцев является охват питьевой водой наибольшего числа жителей.

По данным УЗ «Могилевский ОЦГЭиОЗ», в 100-километровой зоне влияния Смоленской АЭС расположены 47 населенных пунктов (далее — НП) с общей численностью населения свыше 22 тыс. человек (по состоянию на 01.01.2019). Самые крупные НП — г. Мстиславль, г. Хотимск и п. г. т. Забелышин.

Всего по состоянию на 01.01.2020 на территории 47 НП имелось 50 артезианских скважин (далее — артскважины) и 293 колодца, в том числе 100%-м охватом населения централизованным водоснабжением из 26 артскважин характеризовались 18 НП, где проживает 13 195 человек, причем наибольшее количество НП (17 НП с численностью населения 12 637 человек) со 100%-м охватом населения централизованным водоснабжением расположено в Мстиславском районе.

Централизованное водоснабжение отсутствовало в 19 НП (7 — Мстиславского, 6 — Климовичского, 1 — Кричевского и 5 — Хотимского районов), где проживало всего 269 человек и для водоснабжения использовались 72 колодца. В остальных 10 НП (3 НП Климовичского и 7 НП Хотимского районов), где имеются 24 артскважины и 157 колодцев, централизованным водоснабжением на 20–79% обеспечено 9262 жителя.

Исходя из численности населения, количества колодцев, охвата населения централизованным водоснабжением, расстояния от АЭС при проведении АРМ питьевой воды рекомендуется исследовать не менее 2 колодцев в каждом НП.

По данным Государственного водного кадастра выполнена оценка объемов воды, потребляемой на хозяйственно-питьевые нужды предприятиями-водопользователями и населением этих районов, определены основные потребители воды питьевого качества и основные тенденции в использовании воды. В вышеуказанных районах в хозяйственно-питьевых целях используют воду преимущественно сельскохозяйственные предприятия, в том числе рыбхозы, предприятия ЖКХ и предприятия пищевой промышленности. За период 2010–2018 гг. отчетливо наблюдается тенденция к увеличению объемов использования воды в хозяйственно-питьевых целях (на 31,12%) и одновременному сокращению объемов использования воды на сельскохозяйственные нужды (на 28,91%), для производства напитков (на 62,67%). Вода питьевого качества для рыбоводческих целей, а также для лечебных, энергетических нужд и бутилирования в рассмотренный период не использовалась.

Результаты анализа источников питьевого водоснабжения, расположенных в 100-километровой зоне влияния Смоленской АЭС на территории Республики Беларусь, вошли в «Инструкцию о порядке планирования и проведения аварийного радиационного мониторинга продуктов питания, питьевой воды и мест проживания населения органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, при авариях на атомных электростанциях», утвержденную приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2021 № 1696, которая в случае возникновения аварийной ситуации на Смоленской АЭС будет являться руководством для органов и учреждений государственного санитарного надзора Могилевской области при проведении АРМ в 100-километровой зоне влияния Смоленской АЭС.

Поступила 14.09.2022

## О ПРИКЛАДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ РАДИАЦИОННОГО УЩЕРБА

Репин Л.В., *l.repin@niirg.ru*,  
Библин А.М., *a.biblin@niirg.ru*,  
Ахматдинов Р.Р., *rust.akh@niirg.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Оценка негативного влияния малых доз ионизирующих излучений (далее — ИИ) на здоровье больших по численности групп населения сопряжена с решением двух основных классов задач: теоретических и прикладных. К первому классу относятся: построение математико-биологических моделей радиационного канцерогенеза; эпидемиологические исследования в группах лиц, подвергшихся или подвергающихся воздействию ионизирующих излучений; построение и совершенствование математических моделей радиационного риска развития различных заболеваний и т.п. Второй класс задач нацелен на развитие прикладных методов межпопуляционного переноса и условно-прогнозной оценки радиационных рисков для различных ситуаций и сценариев облучения; на развитие системы показателей здоровья в связи с воздействием радиационного фактора; на развитие подходов к нормированию радиационного фактора и на практическую реализацию основных принципов системы радиационной защиты населения.

В настоящее время в качестве обобщенного показателя отдаленного вреда для здоровья в области обеспечения радиационной безопасности при воздействии малых доз ИИ используется величина радиационного ущерба, включающего в себя вероятность развития вследствие облучения смертельных онкологических заболеваний, взвешенных по числу потерянных лет жизни; несмертельных онкологических заболеваний, взвешенных по степени их тяжести и наследственных эффектов. Данная величина была разработана Международной комиссией по радиационной защите (далее — МКРЗ) в качестве среднепопуляционной количественной меры негативного воздействия на здоровье при неравномерном облучении организма. На основе радиационного ущерба определены значения тканевых весовых коэффициентов, используемых при расчете эффективной дозы, для учета различий в радиочувствительности органов, тканей и систем организма.

Величина радиационного ущерба в качестве количественной меры радиационного вреда здоровью является достаточно показательным примером прикладного подхода к оценке рисков в условиях большого числа неопределенностей, присущих используемой методологии. Одной из особенностей прикладных подходов к оценке радиационного риска является отказ от строгого математического подхода к расчетам в пользу простоты методологии, универсальности и удобства используемых величин, наглядности представления результатов оценки.

Среди основных причин необходимости развития прикладных подходов можно выделить их применимость в качестве информационной основы при принятии управленческих решений, основанных на неполных данных. Вычисление математически строгих показателей вреда для здоровья зачастую сопряжено с различными методическими трудностями. К их числу можно отнести следующие:

- отсутствие необходимых для расчета медико-демографических показателей, так как они попросту не собирались в нужное для расчета время;
- существенная территориальная и временная вариабельность значений медико-демографических показателей;
- наличие различных неопределенностей, присущих применяемым для расчета моделям риска, и др.

Названные, а также другие возникающие трудности преодолеваются различными способами, такими как использование данных похожих популяций и/или данных за другие календарные периоды, использование стандартизованных данных, описание источников неопределенностей и т.п.

Еще одна связана с развитием методологии оценки популяционного здоровья и, в частности, обобщенных показателей здоровья. Показатели на основе данных о заболеваемости и смертности в настоящее время признаны малоинформативными при оценке влияния вредных факторов среды обитания на здоровье населения и постепенно уступают место показателям на основе учета числа потерянных лет здоровой жизни. Это стало возможным с развитием Всемирной организацией здра-

воохранения (далее — ВОЗ) проекта «Глобальное бремя болезней», в рамках которого совершенствуются методы оценки популяционного здоровья.

Прикладной взгляд на решение различных задач в области оценки радиационных рисков для здоровья предполагает поиск ответов на следующие вопросы:

Каковы цели оценки риска?

Какие количественные и качественные показатели предполагается использовать для оценки?

Какие данные необходимы для расчета?

Каким образом можно поступить в случае отсутствия необходимых для расчета данных?

Каким образом можно трактовать полученные результаты оценки?

В решении каких еще задач можно использовать полученные результаты оценки и разработанные методики расчета?

В ФБУН «Санкт-Петербургский НИИ радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» в настоящее время разрабатывается комплексная компьютерная система анализа радиационных рисков, в которую уже на самом раннем этапе проектирования была заложена возможность совершенствования расчетов на каждом этапе анализа показателей по мере развития соответствующей методологии. База данных системы содержит медико-демографические показатели более чем 50 популяций за период до 50 лет у некоторых популяций. Это, в частности, позволяет использовать не только поперечные, но и продольные данные при расчете функций дожития. Методология расчета некоторых показателей постоянно совершенствуется, что также нашло отражение в структуре системы. Так, например, при расчете показателя DALY подходы к оценке тяжести заболеваний, используемые ВОЗ, изначально не делали различий между нозологическими формами злокачественных новообразований на двух последних стадиях заболевания, однако в настоящее время такие различия учитываются.

Важный аспект связан с выбором показателя радиационного ущерба. Наряду с возможностью расчета классического показателя радиационного ущерба МКРЗ по российским медико-демографическим данным предусмотрена возможность расчета практически всех широко применяемых показателей пожизненного радиационного риска на единицу дозы облучения (REIC, REID, LAR, ELR, YLL, YLLRIC, ECD, ECI, DALY и т. д.). Причем расчеты могут осуществляться с использованием всех современных моделей риска, разработанных такими организациями, как МКРЗ, Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), Агентство по защите окружающей среды США (EPA). Подобная гибкость системы упрощает отладку системы и сверку результатов расчетов с публикуемыми расчетами по различным популяциям.

Описанный выше прикладной взгляд на решение задач в области оценки рисков предполагает смещение баланса от математической строгости в сторону увеличения скорости и универсальности расчетов. Такой подход обеспечивает большую гибкость и позволяет при необходимости оперативно получать результаты оценки риска в виде коэффициентов риска для различных половозрастных групп конкретных популяций. Однако такой подход имеет свою цену: результаты получаемых расчетов следует воспринимать и использовать крайне осмотрительно и осмысленно.

Поступила 12.09.2022

## **ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА БЕЛОРУССКОЙ АЭС НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

*Роздяловская Л. Ф., zav\_radsafety@rspch.by,*

*Николаенко Е. В., к. м. н., nikolaenko67@gmail.com,*

*Елизарова Н. В., zav\_radsafety@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Санитарные нормы и правила в области обеспечения радиационной безопасности устанавливают нормативы пределов дозы облучения персонала и соответствующие им предельные индивидуальные пожизненные риски, определяющие нижнюю границу области доз и рисков, выше которой дозы и риски считаются неприемлемыми. В то же время в соответствии с принципами радиационной

защиты предельные значения доз и рисков считаются допустимыми только в том случае, если в процессе оптимизации невозможно принять разумные меры по их снижению. Более того, анализ результатов индивидуального дозиметрического контроля персонала Белорусской АЭС (далее — БелАЭС) за период ее эксплуатации, а также персонала российских АЭС — аналогов БелАЭС за многолетний период показывает, что фактические дозы облучения (и, соответственно, риски) персонала АЭС с реактором ВВЭР в нормальных условиях эксплуатации оказываются в несколько раз ниже нормативов пределов доз облучения, из-за чего последние не могут быть критерием оценки мер оптимизации радиационной защиты персонала.

Для реализации процесса оптимизации в отношении доз профессионального облучения санитарными нормами и правилами «Требования радиационной безопасности», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 137, введено требование установления граничных доз персонала (далее — ГД), которые, так же как и пределы дозы, выражаются в виде индивидуальных доз облучения, но, в отличие от предела дозы, устанавливают верхнюю границу дозового диапазона, внутри которого обеспечивается базовый уровень защиты для большинства лиц из персонала, работающих в данных условиях, и проводится оптимизация защиты персонала от данного источника ионизирующего излучения (далее — ИИИ).

В соответствии с «Положением о порядке установления и применения граничных доз облучения и референтных уровней», утвержденным приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31.08.2020 № 881, ГД устанавливаются пользователем ИИИ или объектом использования атомной энергии (далее — ОИЯЭ) и согласовываются учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор (далее — госсаннадзор), на основе санитарно-гигиенического заключения по итогам рассмотрения представленных пользователем ИИИ или ОИЯЭ материалов по обоснованию устанавливаемых величин ГД.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены» в целях методической поддержки органов госсаннадзора и ОИЯЭ и в установлении ГД, в результате выполнения научно-исследовательской работы (далее — НИР) в рамках ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» на 2021–2025 гг., научно обосновало и разработало метод определения ГД и оценки радиационного риска здоровью персонала при нормальной эксплуатации БелАЭС. В соответствии с разработанным методом определение ГД выполняется на основе анализа фактических индивидуальных годовых и накопленных доз облучения персонала АЭС и в сравнении с дозами облучения персонала на станциях-аналогах БелАЭС или прогнозируемыми дозами облучения на БелАЭС при условии внедрения планируемых мер оптимизации радиационной защиты. ГД устанавливаются дифференцированно для различных групп персонала АЭС на основании данных о годовых индивидуальных и накопленных дозах облучения персонала за период 5 лет работы на данном рабочем месте и результатов контроля радиационной обстановки на рабочем месте. Новое значение ГД устанавливается в том случае, если прогнозное значение ГД, рассчитанное для условий оптимизированной защиты, отличается от действующего норматива более чем на 1 мЗв/год. При этом при рассмотрении мер, необходимых для достижения нового значения ГД, анализируются социально-экономические условия и возможности внедрения на атомной электростанции новых защитных мероприятий.

Также в рамках настоящей НИР обоснована и реализована возможность использования в качестве основы для оценки радиационного риска персонала БелАЭС математических моделей оценки избыточного относительного и избыточного абсолютного риска, рекомендованных Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ) и Научным комитетом Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН). Эти модели были адаптированы к условиям популяции Республики Беларусь, для чего в рамках исследования определены необходимые для расчетов специфичные для Беларуси параметры, основанные на половозрастных показателях смертности и заболеваемости солидными злокачественными новообразованиями (далее — ЗНО) населения Республики Беларусь.

На основе модифицированных моделей разработан метод определения индивидуального пожизненного радиационного риска заболеваемости (далее — ИПРЗ) работника БелАЭС радиационно-индуцированными ЗНО в результате профессионального облучения при работе на атомной станции в режиме нормальной эксплуатации в зависимости от пола в возрасте от 18 до 90 лет (для женщин — за исключением периодов беременности и грудного вскармливания).

ИПРЗ вычисляется суммированием значений годового индивидуального радиационного риска заболеваемости солидными ЗНО по всем последующим календарным годам, начиная от текущего года, с учетом вероятности здорового дожития, которая характеризует вероятность для женщины или мужчины определенного возраста дожить до 90 лет.

При предварительном испытании метода выполнен расчет ИПРЗ для условного работника БелАЭС в возрасте 32 лет, подвергающегося профессиональному облучению в течение 10 лет со среднегодовой дозой облучения 16 мЗв. ИПРЗ работника при указанных условиях составляет  $3,61 \times 10^{-4}$ , что в несколько раз ниже, чем предельный индивидуальный пожизненный радиационный риск  $1,0 \times 10^{-3}$ , установленный санитарными нормами и правилами «Требования к радиационной безопасности», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213.

Методы определения ГД и оценки ИПРЗ при нормальной эксплуатации БелАЭС изложены в инструкции по применению, утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.01.2022 № 010–1121.

Возможность установления ГД персонала для определенного радиационного объекта, отдельной атомной станции и периодического пересмотра ГД персонала начиная с этапа проектирования АЭС и в процессе эксплуатации позволяет ограничить риск здоровью персонала на разумно достижимом уровне и устанавливать целевые критерии для достижения наиболее низких доз облучения различных групп персонала, работающего на предприятии, что, в свою очередь, подтверждает высокий уровень радиационной защиты на АЭС.

Поступила 14.09.2022

## **РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2019–2022 ГГ.**

*Роздяловская Л. Ф., zav\_radsafety@rspch.by,  
Николаенко Е. В., к.м.н., radiation.safety@rspch.by,  
Елизарова Н. В., zav\_radsafety@rspch.by,  
Кочергина Н. С., zav\_radsafety@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Применение современных высокоинформативных методов ядерной медицины и интервенционной радиологии наряду с увеличением доз облучения пациентов приводит к возрастанию доз облучения медицинского персонала. Это требует повышенного внимания к эффективности мер радиационной защиты медицинского персонала, усилению эффективности индивидуального дозиметрического контроля работников, особенно контроля в части облучения хрусталика глаза, кожи, конечностей на соответствие нормативным значениям, установленным гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 213 (далее — гигиенический норматив).

Критической группой медицинского персонала считаются работники, выполняющие медицинские процедуры и операции под контролем рентгеновского излучения в непосредственной близости к источникам ионизирующего излучения (далее — ИИИ). Это, в частности, относится к медицинскому персоналу, входящему в состав рентгенохирургических бригад, выполняющих малую хирургию и сложные контрастные исследования сердечно-сосудистой системы.

В публикации 103 (2007 г.) Международная комиссия по радиационной защите ужесточила норматив предела дозы на хрусталик глаза в 7,5 раза (со 150 до 20 мкЗв/год), а в 2011 г. пороговое значение поглощенной дозы для образования катаракты хрусталика глаза было определено как 0,5 Гр и для острого, и для хронического облучения (предыдущее значение — 5 Гр). Исследования российских и зарубежных авторов показывают, что реальные эквивалентные дозы облучения хрусталика глаз рентгенохирургов при проведении 70–100 исследований в год сравнимы с соответствующим нормативным значением (20 мкЗв/год). Отсюда следует вывод о необходимости принятия дополнительных мер защиты глаз персонала с помощью очков с просвинцованными стеклами, создании специальных модельных защитных устройств.

Другой группой персонала медицинских организаций с риском высоких доз облучения хрусталика глаза являются работники подразделений ядерной медицины и радиоизотопных лабораторий, проводящие работы с радиофармпрепаратами (далее — РФП). Это медицинский персонал и технологи, задействованные при изготовлении, контроле качества, измерении активности радионуклидов в РФП и упаковке РФП в транспортный контейнер, а также медицинские сестры, которые осуществ-

влияют элюирование генераторов радионуклидов, изготовление, фасовку и введение РФП пациентам для проведения диагностических и терапевтических процедур.

Учитывая вышесказанное, лаборатория радиационной безопасности республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» приступила к исследованию эффективности дозиметрического контроля персонала медицинских учреждений Республики Беларусь, которое направлено на выявление групп персонала, нуждающегося по условиям труда на рабочих местах в усилении радиационного контроля. Исследование выполняется в рамках научно-исследовательской работы, проводимой при реализации задания подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» государственной научно-технической программы «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» на 2021–2025 гг. Для исследования используются данные, предоставленные государственным дозиметрическим регистром Республики Беларусь.

Для сопоставления и анализа доз профессионального облучения выбраны 3 группы медицинского персонала в соответствии с характеристиками условий труда:

1-я группа — рентгенолаборанты, которые работают за защитой и, соответственно, получают сравнительно небольшие дозы облучения;

2-я группа — врачи-рентгенологи, в круг обязанностей которых может входить проведение рентгеноскопических исследований, соответственно, есть вероятность получить повышенные дозы облучения;

3-я группа — участники рентгенохирургических бригад (хирурги, анестезиологи, операционные медсестры) — проводят операции под контролем рентгеновского излучения, поэтому они могут получить значительно большие дозы облучения, чем все остальные категории персонала.

Дополнительно как отдельная категория рассматривается персонал радиоизотопных лабораторий (по предоставленным данным, около 300 человек), работающий с открытыми ИИИ (в отделениях ядерной медицины — работа с РФП на основе  $^{99m}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ , в отделениях радионуклидной диагностики — с использованием  $^{18}\text{F}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{11}\text{C}$ ).

Анализ результатов оценки доз облучения медицинского персонала по отдельным группам профессий в период 2019–2021 гг. показывает, что наиболее высокие значения средней дозы облучения зарегистрированы среди таких групп персонала, как «врач — радиационный онколог» и «медсестра изотопной лаборатории», в среднем их доза облучения составляла около 1,9 мЗв/год. Далее по уменьшению значения средней дозы облучения следует персонал группы «врачи анестезиологи-реаниматологи» — 1,7 мЗв/год. Средняя доза облучения в группах «медицинские сестры рентгеноэндovasкулярной хирургии» (далее — РЭВХ) и «инженеры» составляла 1,6 мЗв/год. В изучаемый период минимальная средняя доза облучения зафиксирована среди персонала группы «рентгенолаборанты» — 1,2 мЗв/год.

Дозы облучения хрусталика глаза зарегистрированы для 144 медицинских работников в диапазоне 0,45–5,09 мЗв/год. Наиболее высокие дозы получили работники таких специальностей, как инженер группы обслуживания ускорителя, врач радиационный онколог, санитарка и медицинская сестра. Малочисленность данных и их анализ позволяют заключить, что дозиметрический контроль эквивалентных доз хрусталика глаза в большинстве учреждений здравоохранения Республики Беларусь не организован на должном уровне или не проводится совсем.

Дозы облучения конечностей (кистей рук, стоп) зарегистрированы для 73 человек в диапазоне от 0,26 до 4,97 мЗв/год, что составляет не более 1 % от норматива предела эквивалентной дозы на эти органы, установленного гигиеническим нормативом. Максимальные значения доз на конечности зарегистрированы у медицинских сестер изотопных лабораторий и врачей-рентгенологов.

Данные, полученные в ходе исследования, позволяют заключить, что персонал радиологических отделений медицинских учреждений Республики Беларусь, относящийся к группам рентгенолаборантов, врачей-рентгенологов и участников рентгенохирургических бригад, нуждается в более эффективном дозиметрическом контроле, включающем оценку эквивалентных доз облучения хрусталика глаза, а вопрос оптимизации радиационной защиты медицинских работников, осуществляющих современные высокодозные методы лечения и диагностики, требует дальнейшего всестороннего изучения.

Поступила 14.09.2022

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ МИНСКОЙ И БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТЕЙ ЗА СЧЕТ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*Сосновский А.В., аспирант, sosnovskiy\_franc@mail.ru*

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

Радон — благородный газ, представленный молекулами, состоящими из одного атома, изотопный состав которых не включает стабильных нуклидов. Радон образуется естественным путем последовательных распадов природного урана, следовательно, источником радона является почва. Актуальность изучения радона в воздухе жилых помещений неоднократно доказана исследователями из ведущих стран мира: в структуре причин возникновения рака легкого он занимает второе место (после курения). В то же время именно рак легкого занимает лидирующие позиции в структуре как частоты онкологических заболеваний, так и смертности от данного вида болезней.

Радон — одно из самых тяжелых газообразных веществ, потому практически не осуществим сценарий, когда этот радиоактивный благородный газ поднимался бы выше первого этажа жилых помещений. Тем не менее, для жителей первых этажей многоквартирных домов, а также частных жилых домов радон может представлять серьезную угрозу.

В нашем исследовании были проведены измерения в 317 жилых домах в городах Слуцк, Лунинец и Микашевичи, а также их окрестностях. Исследование интегральной средневзвешенной объемной активности радона проводилось с помощью интегральных трековых радиометров радона на базе аккредитованной лаборатории. Измерения проводились в отопительный сезон, так как именно зимой моделируется наиболее пессимистичный сценарий воздействия радона на население. Это связано со сниженной частотой проветривания помещений, а также с более длительным пребыванием человека в помещении. В результате исследования было установлено, что от воздействия радона в воздухе жилых помещений на население были сформированы дозы от 0,9 до 13,7 мЗв/год в Минской области, от 0,9 до 7,7 мЗв/год в Брестской области. Впрочем, случаи, когда дозы превышали 5 мЗв/год, были единичны, а при повторных измерениях уровни радона в воздухе жилых помещений оказывались существенно ниже, следовательно, можно сделать вывод о единичных ошибках в измерениях и необходимости повторного контроля в ситуациях со значениями, которые оказываются существенно выше средних и медианных. Несмотря на существенные отличия исследуемых городов, нам не удалось найти статистически значимые различия в дозах на население, формируемых за счет радона в воздухе жилых помещений. По нашему мнению, географический и геологический факторы не играют решающей роли в концентрации радона в воздухе жилых помещений. С другой стороны, существенное влияние на уровень радона в воздухе жилых помещений оказывает непосредственно тип жилого помещения. Нами было установлено, что такие факторы, как материал стен, материал фундамента, высота подполья, могут значительно влиять на уровни радона в воздухе жилых помещений. Наше исследование показало, что наиболее уязвимыми являются частные жилые дома с невысоким фундаментом. Это еще раз наглядно демонстрирует функциональную связь между близостью к открытому грунту и радоновой опасностью для населения.

В итоге можно сделать вывод, что к факторам, влияющим на уровни радона в воздухе жилых помещений, можно отнести такие архитектурно-планировочные решения, как материал стен, материал фундамента и высота подполья. В частных домах с незащищенным грунтом уровни радона в воздухе жилых помещений достоверно выше. Географические и геологические факторы не нашли статистического подтверждения. Факторы, оказывающие влияние на уровень радона в воздухе жилых помещений, чрезвычайно разнообразны и требуют дальнейшего изучения, а значит, в современных условиях золотым стандартом профилактики воздействия радона, содержащегося в воздухе жилых помещений, остаются прямые измерения как на стадии сдачи жилого помещения в эксплуатацию, так и на стадии непосредственной эксплуатации жилого помещения.

Поступила 05.09.2022

## ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Стожаров А.Н., д.б.н., профессор, [stojarov@mail.ru](mailto:stojarov@mail.ru),  
Хрусталева В.В., д.б.н., доцент, [vkhrustaleva@mail.ru](mailto:vkhrustaleva@mail.ru)

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Возможность появления общесоматической патологии после радиационного воздействия вызывает у исследователей большой интерес. Это обусловлено еще и тем, что в результате аварии на Чернобыльской АЭС (далее — ЧАЭС) были облучены значительные контингенты людей, которые проживают на загрязненных территориях. Особый интерес могут представлять беременные женщины, так как их физиологическое состояние характеризуется напряжением многих систем организма (эндокринной, нервной, иммунной, выделительной и др.). Особый случай представляет облучение беременных за счет инкорпорации ими радиоактивного йода ( $I-131$ ), так как этот нуклид является при радиационных авариях первым дозообразующим фактором, кроме того, этот компонент непосредственно накапливается в щитовидной железе (далее — ЩЖ) женщины и ее будущего ребенка, формирует поглощенную дозу, а с этим органом связаны очень многие функции в организме.

Ранее нами были проанализированы некоторые общесоматические эффекты у женщин, которые во время беременности были облучены радиоактивным йодом и было показано превалирование у пострадавших через определенное время после облучения эссенциальной гипертензии.

В этой связи большой интерес вызывает анализ патологии со стороны других органов и систем. С учетом этого в настоящем исследовании нами анализировалась заболеваемость со стороны дыхательной системы.

Исследование было проведено на женщинах, проживавших в Столинском районе Брестской области, через который ночью 26 апреля 1986 г. прошло радиоактивное облако из поврежденного реактора ЧАЭС и находившиеся в этот момент времени на различных сроках беременности. В разработку брали женщин ( $N = 221$ ), которые были включены в Белорусский Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, т.е. тех, которые регулярно проходили медицинский осмотр. Поглощенная доза на ЩЖ в основной группе составляла от 48 до 246 мГр. В контрольную группу были включены женщины из того же района, идентичные по социальному статусу и возрасту, у которых беременность наступила позже, т.е. в 1987–1988 гг.

Рассматривая заболеваемость среди пострадавших, удалось выявить, что патология со стороны дыхательной системы связана у них с определенным интервалом доз, сформированных на ЩЖ. Он находился в пределах 50–90 мГр. При анализе ежегодной заболеваемости со стороны дыхательной системы выяснилось, что в основном уровень этой патологии регистрировался в 2012 г., т.е. спустя более чем 25 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. В группе женщин, у которых беременность не была связана с облучением, распределение случаев патологии дыхательной системы было равномерным за 30-летний период после аварии, на уровне 2,5 случая на 100 индивидуумов. Анализ патологии в группе острых заболеваний верхних и нижних дыхательных путей (J00–06 и J20–22) показал присутствие одного пика в 2012 г., в отличие от остальных групп заболеваний дыхательной системы, которые имели несколько максимумов заболеваемости. Частота встречаемости в зависимости от полученной поглощенной дозы на ЩЖ выявила узкий пик, соответствующий дозе 75 мГр.

При рассмотрении полученных нами результатов становится очевидным, что существует связь между облучением ЩЖ за счет инкорпорации радиоактивного йода с заболеваемостью со стороны дыхательной системы. Этот вывод может подтверждаться наличием узкого диапазона поглощенных доз (с максимумом в области 75 мГр), которые впоследствии вели к подъему заболеваемости. Интересно отметить, что дозы более 100 мГр таким свойством не обладали. При этом эффект подъема заболеваемости отложен во времени и проявляется спустя 25 лет после факта облучения.

Ранее в экспериментальных условиях было показано, что в тиреоцитах существуют 27 генов, которые чувствительны к воздействию радиоактивного йода ( $I-131$ ). Часть из них можно выделить в кластер, который имеет непосредственное отношение к иммунной системе. Сюда относятся гены *Ccl8*, *Ccl9*, *Ly6g6d*, *St00a9*, *Aoc3*, *Clec2d*, *Cpa3*, *Fstl1*, *Scara3*. При этом их активность связана с дозой, которая формируется за счет накопления  $I-131$ , в щитовидной железе. Например, ген *Ccl9*, находящийся на 11 хромосоме, при значении поглощенной дозы 0,85 Гр находится в подавленном состо-

янии, а при дозе 17 Гр повышает свою активность более чем в 2 раза. При этом он непосредственно влияет на активность иммунной системы, воспаление и модулирует цитокиновую систему. Вполне вероятно, что модификация транскрипционной активности перечисленных генов под влиянием инкорпорации радиоактивного йода в момент йодного «удара» у беременных женщин в апреле 1986 г. может быть ответственна за изменение у них острой заболеваемости верхних и нижних дыхательных путей.

Другим объяснением полученных данных может быть изменение транскрипционной активности генов ЩЖ, которые регулируют синтез ее гормонов. Последние способны модулировать активность иммунной системы. В частности, показано, что эти гены могут поддерживать функции иммунных клеток, изменять фагоцитарную активность и влиять на высвобождение активных форм кислорода. Важная роль отводится ЩЖ в функционировании дыхательной системы. Ряд генов (Рах8, Sic5a5, Tg, Tro), играющих важную роль в функционировании ЩЖ, синтезе ее гормонов и влиянии на метаболизм периферических клеток, имеют низкую экспрессивную активность при небольших дозах, формирующихся от I-131, и изменяют свою активность с повышением лучевого воздействия. Имеются другие примеры. Так, упомянутый ген Sic5a5 в условиях различной по величине активности воздействующего I-131 демонстрирует двухфазность: при малых и средних активностях радиойода он ингибируется в большей степени, чем в промежуточных, а при больших активностях, наоборот, активируется. Эти вариации могут быть ответственны за выработку тиреоидных гормонов и, следовательно, за заболеваемость со стороны дыхательной системы.

Вместе с тем известно, что облучение индуцирует нестабильность генома клеток. Подобная нестабильность является стойкой, ведущей к нарушению генетического контроля, что является важнейшим фактором в развитии патологии. Эти изменения могли закрепляться в организме беременных, в связи с чем мы наблюдаем эти эффекты спустя многие годы после аварии на ЧАЭС.

Очевидно, что особенности развития общесоматических эффектов на протяжении больших промежутков времени после радиационного воздействия существенно отличаются от стохастических эффектов, которым свойственно отсутствие порога дозы и постепенный прирост заболеваемости согласно той или иной модели. В описанных нами данных речь идет об отдельном органе — щитовидной железе, которая во многом является «дирижером» в организме и регулирует множество функций, в том числе активность иммунной и деятельность дыхательной системы. Однако следует учитывать, что предложенные нами механизмы могут быть присущи лишь беременным женщинам в силу того обстоятельства, что это физиологическое состояние характеризуется напряженностью многих систем организма, в том числе и эндокринной, и может быть причиной нестабильности генома в условиях радиационного воздействия.

Поступила 09.09.2022

## **МОДЕЛЬ ОБЛУЧЕНИЯ Т-ЛИМФОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА С УЧЕТОМ ОБЛУЧЕНИЯ ПРОГЕНИТОРОВ И ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ Т-КЛЕТОК, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

<sup>1</sup> Толстых Е. И., д. б. н., [evgenia.tolstykh@yandex.ru](mailto:evgenia.tolstykh@yandex.ru),

<sup>1</sup> Дегтева М. О., к. т. н., [marina@urcrm.ru](mailto:marina@urcrm.ru),

<sup>1</sup> Возилова А. В., к. б. н., [vozilova@urcrm.ru](mailto:vozilova@urcrm.ru),

<sup>1,2</sup> Аклеев А. В., д. б. н., профессор, [akleyev@urcrm.ru](mailto:akleyev@urcrm.ru)

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Уральский научно-практический центр радиационной медицины» Федерального медико-биологического агентства, г. Челябинск, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет», г. Челябинск, Россия

Оценка доз на лимфоциты актуальна в свете решения ряда радиобиологических проблем, включая оценку риска различных гемобластозов (лейкоз, множественная миелома, лимфома и др.), а также использование циркулирующих Т-лимфоцитов в качестве «естественных биодозиметров». Последнее связано с тем, что частота хромосомных aberrаций, возникающих в лимфоцитах после лучевого воздействия, пропорциональна накопленной дозе. Оценка доз на циркулирующие лимфоциты требует учета двух факторов: во-первых, дозы, полученной предшественниками (прогениторами) лим-

фоцитов в красном костном мозге; а во-вторых, дозы, полученной лимфоцитами в лимфоидных органах при циркуляции. При облучении остеотропными радионуклидами альфа- и бета-излучателями эти дозы существенно различаются. Модели, представленные в публикациях Международной комиссии по радиологической защите (ICRP-67, ICRP-100), дают возможность рассчитать дозу для конкретного лимфоидного органа при известном уровне поступления радионуклида. Созданная нами модель облучения циркулирующих Т-лимфоцитов и их предшественников (далее — ЦТЛП) учитывает все слагаемые дозы и возрастные особенности динамики Т-лимфоцитов: (1) облучение предшественников Т-лимфоцитов в красном костном мозге; (2) облучение Т-лимфоцитов в каждом лимфоидном органе с учетом доли резидентных лимфоцитов, а также времени пребывания там лимфоцитов. В модели были отражены следующие особенности формирования пула циркулирующих Т-лимфоцитов:

(1) все Т-лимфоциты происходят от Т-клеточных предшественников — прогениторов, которые формируются в красном костном мозге (далее — ККМ). Через кровеносное русло часть из них переходит в тимус, где происходит формирование Т-лимфоцитов с уникальными Т-клеточными рецепторами. Т-лимфоциты в периферических лимфоидных тканях образуют многоклеточные и часто долгоживущие клоны клеток с одинаковыми Т-клеточными рецепторами; репертуар Т-клонов формируется в детстве и остается довольно стабильным в течение жизни (до 70 лет);

(2) при облучении Т-прогенитора в ККМ потенциальный груз хромосомных aberrаций несут все его потомки, то есть целый набор Т-клонов с уникальными Т-клеточными рецепторами. Все потомки одного прогенитора и сам прогенитор объединяются в Т-клеточный род или Т-Genus (далее — TG), который является объектом моделирования.

Принималось, что продукция TG прямо пропорциональна продукции тимусом Т-лимфоцитов, и потеря TG в течение жизни не оказывает существенного влияния на возрастное соотношение представителей различных TG в периферической крови. В свою очередь, для оценки зависящей от возраста продукции тимусом Т-лимфоцитов, которая определяется по числу недавних тимусных эмигрантов (recent thymus emigrants RTE), использовали результаты моделирования Vains I. Эта модель базируется на экспериментальных данных по скорости пролиферации различных фракций Т-лимфоцитов, их количеству в периферической крови, возрастной динамике и т. п. Согласно модели Vains I., от рождения до 1 года продукция тимусом Т-лимфоцитов увеличивается, достигая максимума к 1 году; от 1 года до 8 лет: падение продукции тимуса идет со скоростью 12 % в год; от 8 до 20 лет: падение продукции со скоростью 4 % в год; от 20 до 70 лет: снижение продукции тимуса со скоростью 8 % в год. Эти оценки использовались нами как модельные параметры для оценки возрастной динамики TGs в относительных единицах.

Верификация разработанной модели облучения ЦТЛП сводится к верификации модельных оценок доз на Т-лимфоциты. Это является сложной задачей, которая не имеет прямого решения, так как геном Т-лимфоцитов сам выступает в качестве биодозиметра, «хранящего» индуцированные транслокации. Для верификации было необходимо проанализировать регрессионную зависимость «доза — эффект» (зависимость частоты транслокаций от лимфоцитарной дозы) и провести сопоставление наших результатов с опубликованными данными по двум параметрам: (i) по угловому коэффициенту линии регрессии; (ii) по фоновым частотам транслокаций, число которых увеличивается с возрастом, то есть по оценкам свободного члена регрессии. Такая верификация была успешно выполнена на основе данных цитогенетических обследований доноров, проживавших на реке Теча (Челябинская обл., Россия) в 1950-е гг., где имело место радиоактивное загрязнение воды и продуктов питания с существенным вкладом <sup>89,90</sup>Sr.

Применение модели облучения Т-лимфоцитов возможно в различных областях:

(1) для изучения радиобиологических эффектов неравномерного внутреннего облучения. В частности, были изучены возрастные зависимости частоты транслокаций в Т-лимфоцитах в отдаленные сроки после начала облучения доноров, проживавших на реке Теча. Для этих доноров были рассчитаны дозы на Т-лимфоциты и оценены зависимости «доза — эффект» для трех возрастных групп, возраст на момент начала облучения составлял 0–6 лет, 6–18 лет, старше 18 лет. Для оценок доз использовалась наша модель, а также возможности дозиметрической системы реки Теча, где учитываются данные о местах проживания доноров, результаты индивидуальных измерений содержания <sup>90</sup>Sr в организме и другие индивидуальные дозиметрические данные;

(2) для расчетов дозовых коэффициентов, позволяющих перейти от перорального поступления <sup>89,90</sup>Sr, <sup>141,144</sup>Ce, <sup>95</sup>Zr, <sup>103,106</sup>Ru, <sup>95</sup>Nb к накопленной дозе на циркулирующие Т-лимфоциты. В расчетах для <sup>141,144</sup>Ce, <sup>95</sup>Zr, <sup>103,106</sup>Ru, <sup>95</sup>Nb были использованы дозовые коэффициенты для конкретных лимфоидных органов из публикаций Международной комиссии по радиологической защите, а также опубликованные оценки времени, которое циркулирующие лимфоциты проводят в этих лимфоидных

органах и тканях. В результате было показано, что дозы на циркулирующие Т-лимфоциты от  $^{141,144}\text{Ce}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{103,106}\text{Ru}$ ,  $^{95}\text{Nb}$  выше, чем дозы на красный костный мозг от этих радионуклидов, но ниже, чем дозы на стенку толстой кишки. Для  $^{89,90}\text{Sr}$  были использованы биокинетические и дозиметрические модели, разработанные в ФГБУН «Уральский научно-практический центр радиационной медицины». Расчеты показали, что дозы на циркулирующие Т-лимфоциты оказываются ниже, чем дозы на красный костный мозг от этих радионуклидов, но существенно выше, чем дозы на другие лимфоидные ткани. Область применения дозовых коэффициентов охватывает работников предприятий атомной промышленности, а также население радиоактивно загрязненных территорий;

(3) для расчетов коэффициентов перехода от частоты транслокаций в циркулирующих Т-лимфоцитах к дозе на ККМ в зависимости от возраста донора и источника внутреннего облучения. Работа в этом направлении будет начата в ближайшее время.

*Работа была выполнена при финансовой поддержке ФМБА России, номер государственного учета НИР в ЕГИСУ 122 040 400 135–0.*

Поступила 28.09.2022

## Раздел 3

# МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. СТАТЬИ

---

### РЕСПИРАТОРНЫЕ ЖАЛОБЫ РАБОТНИКОВ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ГОРОДЕ АЛМАТЫ

*Абенова А. Б., докторант, [anel.abenova@gmail.com](mailto:anel.abenova@gmail.com),  
Раушанова А. М., доктор философии (PhD),  
Винников Д. В., д. м. н.*

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

Публикация посвящена сравнению респираторных жалоб работников завода по производству железобетонных изделий. Целью исследования было сравнить респираторные жалобы рабочих и административных сотрудников с помощью опросника респираторных жалоб. Проведена сравнительная оценка взаимодействия курения, факторов образа жизни и профессиональных рисков в виде работы на производственных цехах в возникновении респираторных жалоб на производстве железобетонных изделий.

Хроническая обструктивная болезнь легких (далее — ХОБЛ) остается одной из основных причин смерти. По данным исследования глобального бремени болезни 2015 г., число людей, умирающих от ХОБЛ, за 15-летний период в мире увеличилось на 12 % [1].

Экспозиция к промышленному аэрозолю на рабочем месте по-прежнему распространена во всем мире. Популяционный атрибутивный риск развития ХОБЛ от профессиональных вредностей, таких как воздействие пыли и аэрозоля, составляет 14 % (95 % доверительный интервал (далее — ДИ) 10–18 %), а для некурящих работников достигает значения 31 % [2]. В литературе описано влияние профессиональных вредных факторов на здоровье у рабочих по производству железобетонных изделий, однако существует мало данных по оценке респираторных жалоб. Поэтому целью данного исследования было оценить респираторные жалобы рабочих завода по производству железобетонных изделий в городе Алматы.

Дизайн исследования: поперечное эпидемиологическое исследование выборки всех работников производственных цехов в сравнении с административными сотрудниками на одном объекте производства железобетонных изделий города Алматы. Величина выборки была равна 162 работникам с включением трудящихся различных цехов по производству железобетонных изделий и административных сотрудников в пределах одного производства.

Всего в ходе исследования было опрошено 162 работника, из них 115 мужчин и 47 женщин. Медианный возраст респондентов составил 45 лет (межквартильный интервал (далее — МКИ) 20–67). Сбор информации проводился путем заполнения специального опросника. Опросник состоял из 31 вопроса, в том числе вопросов о профессиональном маршруте, статусе курения, потреблении алкоголя, занятиях спортом, а также специальных вопросов количественной оценки выраженности кашля и одышки. С этой целью использовался опросник (COPD Assessment Test (далее — САТ)). Опросник САТ состоял из восьми критериев, каждый из которых оценивали от 0 до 5 баллов (минимальное количество баллов — 0, максимальное — 40). В опроснике оценивали выраженность кашля; наличие мокроты в легких; ощущение сдавления; появление одышки при подъеме в гору либо выше одного лестничного пролета; ограничение деятельности в пределах дома; уверенность при выходе из дома, несмотря на наличие заболевания легких; качество сна и уровень энергии. Дополнительно для оценки одышки применялась шкала выраженности одышки (modified Medical Research Council (далее — mMRC)), результат которой оценивается от 0 до 4 баллов.

Сравнение двух групп (рабочие цехов (первая группа) и административные сотрудники (вторая группа)) по количественному показателю выполнялось с помощью U-критерия Манна — Уитни. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Апостериорные сравнения выполнялись с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона. Обработка и анализ данных были проведены в NCSS 2022 (NCSS LLC, Kaysville, Utah, USA).

Характеристика участников исследования описана в таблице 1. Стаж работы на заводе составил 4 года (МКИ 0,1–47). В целом в группе курили ежедневно 36 % работников, 61 % употребляли алкоголь и 21 % занимались спортом. При сравнении группы рабочих в цехах со второй группой отмечены определенные отличия. Так, при сравнении соотношения мужчин и женщин — рабочих цехов со второй группой установлено статистически значимое преобладание мужчин в первой группе. Лица первой группы также имели статистически значимо больший стаж работы на заводе в сравнении со второй группой. Важно отметить, что в группах сравнения выявлено статистически значимое отличие по статусу курения в целом, а именно среди категории никогда не куривших ( $p < 0,01$ ) и бывших курильщиков ( $p < 0,01$ ). Также есть статистически значимое отличие между группами в употреблении алкоголя. Нами не выявлено отличий в возрасте, общем стаже работы и занятии спортом при сравнении групп.

Таблица 1 — Общие характеристики участников исследования

Характеристики	Все работники (n = 162)	Рабочие цехов (n = 132)	Административные сотрудники (n = 30)	p
Возраст в годах, медиана (МКИ)	45 (20–67)	45 (20–67)	44 (30–58)	0,69
Пол, n (%): мужчины женщины	115 (71) 47 (29)	103 (78) 29 (22)	12 (40) 18 (60)	0,00003
Общий стаж, годы, медиана (МКИ)	19 (1–50)	19 (1–50)	19,5 (5–41)	0,93
Стаж работы на заводе, годы (МКИ)	4 (0,1–47)	5 (0,1–47)	1 (0,1–15)	0,002
Статус курения, n (%): никогда не курившие курившие ранее курящие в настоящее время	66 (41) 37 (23) 59 (36)	46 (35) 36 (27) 50 (38)	20 (67) 1 (3) 7 (30)	0,02
Потребление алкоголя, n (%): никогда употребляющие в малых количествах употребляющие в умеренных количествах употребляющие много	63 (39) 41 (25) 41 (25) 17 (11)	50 (38) 28 (21) 38 (29) 16 (12)	13 (43) 13 (43) 3 (10) 1 (4)	0,017
Занятия спортом, n (%): нет да	128 (79) 34 (21)	107 (81) 25 (19)	21 (70) 9 (30)	0,179
САТ, медиана (МКИ)	2 (0–18)	2 (0–18)	2,5 (0–9)	0,52

В целом выраженность респираторных жалоб в обследованной популяции работников завода была очень низкой: медианное значение балла опросника САТ составило всего 2 (МКИ 0–18). Несмотря на то что при сравнении групп имелась тенденция к большей выраженности респираторных жалоб по опроснику САТ в группе рабочих цехов, статистической значимости данные отличия не достигли. По показателю шкалы выраженности одышки mMRC из всех респондентов только трое рабочих цехов оценили одышку на два балла, что описывает его/ее вынужденность идти по ровной местности медленнее, чем ровесники. Все остальные рабочие ответили, что чувствуют одышку только при сильной физической нагрузке, что соответствует 0 баллов.

Таким образом, результаты исследования не выявили статистически значимых различий в выраженности респираторных жалобах по опроснику САТ и шкале выраженности одышки mMRC между сравниваемыми группами работников.

Курение табака, воздействие производственной и окружающей среды, включая пыль и химические вещества на рабочем месте, в том числе при отоплении помещения углем, являются основными факторами риска развития ХОБЛ [3]. На данный момент опубликованных результатов исследований на тему оценки респираторных жалоб среди рабочих на производстве железобетонных изделий мало. Насколько нам известно, данное исследование является первым в Республике Казахстан по проведению оценки респираторных жалоб среди рабочих с применением опросников САТ и mMRC. Полученные нами данные достаточно неожиданные, так как у малой доли участников исследования выявлены респираторные жалобы, несмотря на тот факт, что у данной популяции очень высокая экспозиция к пыли. Медианный балл САТ в нашем исследовании оказался 2 (0–18), тогда как недавний обзор оценил связанный с профессией риск развития ХОБЛ примерно в 15 % [4].

В целом данное исследование показало низкую выраженность респираторных жалоб у обследуемой популяции, что может быть обусловлено низкой распространенностью респираторных заболеваний либо определенной долей «эффекта здорового рабочего», и вместе с тем необходимо учитывать небольшой стаж работы на данном производстве. Полученные данные будут способствовать разработке мероприятий по профилактике профессиональных заболеваний, связанных с работой в условиях высокой экспозиции в пыли, составлению образовательных программ среди рабочих на производстве железобетонных изделий для прекращения курения и формирования здорового образа жизни.

### Литература

1. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [Electronic resource] / WHO. — Mode of access: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd)). — Date of access: 29.08.2022.
2. The Occupational Burden of Nonmalignant Respiratory Diseases. An Official American Thoracic Society and European Respiratory Society Statement / P.D. Blanc [et al.] // American journal of respiratory and critical care medicine. — 2019. — Vol. 199, iss. 11. — P. 1312–1334.
3. Recommendations for epidemiological studies on COPD / P.S. Bakke [et al.] // Eur Respir J. — 2011. — Vol. 38, iss. 6. — P. 1261–1277.
4. *Blanc, P.D.* Occupation and COPD: a brief review / P.D. Blanc // The Journal of asthma: official journal of the Association for the Care of Asthma. — 2012. — Vol. 49, iss. 1. — P. 2–4.

Поступила 05.09.2022

## ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

*Бабанов С.А., д.м.н., профессор, s.a.babanov@mail.ru,  
Острякова Н.А., kosm-90@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

Среди профессионально обусловленных психических феноменов особое место отводится «синдрому профессионального выгорания» [1]. Пандемия новой коронавирусной инфекции оказывает серьезное воздействие на психологическое здоровье медицинских работников (далее — МР). Оперативная перестройка медицинских учреждений, условия работы практически соответствуют чрезвычайной ситуации, ежедневно МР получают огромный объем новой информации в виде приказов, методических рекомендаций. Все это создает дополнительную нагрузку. Согласно отечественным и международным данным, высокий уровень нагрузки и угрозы заражения значительно повышают риск профессионального выгорания [2, 3].

Цель — исследовать синдром профессионального выгорания среди МР COVID-госпиталей, оказывающих медицинскую помощь больным COVID-19; МР амбулаторно-поликлинического звена, работающих в условиях повышенного эпидемического порога по ОРВИ, гриппу и COVID-19 и МР многопрофильных стационаров, оказывающих медицинскую помощь по своему основному профилю и периодически выявляющих пациентов с заболеванием COVID-19.

Исследование выполнено на кафедре профессиональных болезней и клинической фармакологии имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Косарева В.В. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и отделения профессиональной патологии областного центра ГБУЗ Самарской области «Самарская медико-санитарная часть № 5 Кировского района». Согласно поставленной цели и задачам, в качестве объектов исследования были выбраны следующие группы.

1. Медицинские работники COVID-госпиталей, оказывающие медицинскую помощь больным COVID-19. Выборку составили МР в количестве 201 человека в возрасте от 25 до 64 лет (1 группа).

2. Медицинские работники амбулаторно-поликлинического звена, работающие в условиях повышенного эпидемического порога по ОРВИ, гриппу и COVID-19. Выборку составили МР, в количестве 186 человек в возрасте от 25 до 64 лет (2 группа).

3. Медицинские работники многопрофильных стационаров, оказывающие медицинскую помощь по своему основному профилю и периодически выявляющие пациентов с заболеванием COVID-19. Выборку составили МР в количестве 195 человек в возрасте от 25 до 64 лет (3 группа).

4. В контрольную группу вошли работники инженерно-технических и экономических специальностей, не связанных по профилю деятельности с работой в медицинских организациях (здоровые), в количестве 190 человек в возрасте от 25 до 64 лет (4 группа).

Для исследования синдрома профессионального выгорания у представленных групп был использован опросник выгорания Маслач (Maslach Burnout Inventory — MBI), который состоит из 22 пунктов. MBI измеряет три показателя выгорания: «истощение», «деперсонализация» и «редукция личных достижений». «Истощение» проявляется в переживаниях сниженного эмоционального тонуса, повышенной психической истощаемости и аффективной лабильности, утрате интереса и позитивных чувств к окружающим, ощущении «пресыщенности» работой, неудовлетворенностью жизнью в целом. «Деперсонализация» проявляется в эмоциональном отстранении и безразличии, формальном выполнении профессиональных обязанностей без личностной включенности и сопереживания, а в отдельных случаях — в негативизме и циничном отношении. «Редукция личных достижений» отражает степень удовлетворенности медицинского работника собой как личностью и как профессионалом [4].

Все участники были ознакомлены с целями и задачами исследования и подписали информированное согласие на участие в исследовании. При статистической обработке достоверность различий определялась при помощи однофакторного дисперсного анализа (ANOVA) с последующими межгрупповыми сравнениями по критерию Dunnett. Обработка полученных данных проводилась с использованием статистического пакета Statistica (StatSoft Inc., USA).

Данные анкетирования при помощи опросника профессионального выгорания Maslach Burnout представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Распределение данных по синдрому профессионального выгорания в исследуемых группах

Показатели	1 группа	2 группа	3 группа	Контрольная группа (4 группа)	p1-2	p1-3	p2-3
Истощение	23,70±0,46 p1-4≤0,001	18,79±0,45 p2-4≤0,001	15,86±0,42 p3-4≤0,001	13,41±0,40	≤0,001	≤0,001	≤0,001
Деперсонализация	12,31±0,26 p1-4≤0,001	10,80±0,31 p2-4≤0,001	9,77±0,24 p3-4≤0,001	7,66±0,26	≤0,001	≤0,001	0,050
Редукция личных достижений	26,70±0,77 p1-4≤0,001	30,01±0,88 p2-4≤0,001	33,54±0,65 p3-4=0,816	34,56±0,59	≤0,001	0,030	0,008
Примечания: 1) p1-2 — достоверность различий между группой 1 и группой 2; 2) p1-3 — достоверность различий между группой 1 и группой 3; 3) p2-3 — достоверность различий между группой 2 и группой 3; 4) p1-4 — достоверность различий между группой 1 и группой 4; 5) p2-4 — достоверность различий между группой 2 и группой 4; 6) p3-4 — достоверность различий между группой 3 и группой 4.							

При оценке показателя «истощение» определяется его достоверное увеличение в группе МР COVID-госпиталей (p1-4<0,001); МР многопрофильных стационаров (p3-4<0,001); МР амбулаторно-поликлинического звена (p2-4<0,00) по сравнению с контрольной группой. При этом показатель «истощение» достоверно выше у МР COVID-госпиталей по сравнению с МР многопрофильных стационаров (p1-3<0,001), а так же по сравнению с МР амбулаторно-поликлинического звена (p1-2<0,001). В то же время показатель «истощение» у МР многопрофильных стационаров достоверно ниже по сравнению с МР амбулаторно-поликлинического звена (p2-3<0,001). Мы считаем, что это может быть связано с тем, что основной поток первичных пациентов с неверифицированными диагнозами пришелся на амбулаторно-поликлиническое звено. Так же МР амбулаторно-поликлинических учреждений оказывают медико-санитарную помощь на дому. В объеме помощи, представляемой врачами-терапевтами, почти треть приходится на помощь на дому. В период вспышки инфекционного заболевания COVID-19 количество вызовов возросло. Помимо этого, па-

циенты, выписанные из COVID-госпиталей, направлялись на амбулаторное лечение под наблюдением участкового терапевта.

При оценке показателя «деперсонализация» определяется его достоверное увеличение в группе МР COVID-госпиталей ( $p_{1-4} \leq 0,001$ ); МР многопрофильных стационаров ( $p_{3-4} \leq 0,001$ ); МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{2-4} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. При этом показатель «деперсонализация» достоверно выше у МР COVID-госпиталей по сравнению с МР многопрофильных стационаров ( $p_{1-3} \leq 0,001$ ), а также по сравнению с МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{1-2} \leq 0,001$ ). Учитывая, что показатель «деперсонализация» выражается в высокой степени отстранения от личностного общения с пациентами вплоть до профессионального цинизма, по нашему мнению, он выступает не только симптомом выгорания, но и способом защиты МР от потери эмоциональных и физических ресурсов при экстремальной нагрузке в условиях пандемии. В то же время показатель «деперсонализация» у МР многопрофильных стационаров достоверно ниже по сравнению с МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{2-3} \leq 0,05$ ). По нашему мнению, это можно связать с тем, что высокий, порой чрезмерный, уровень нагрузки в период пандемии и риск заражения COVID-19 также значительно повышают уровень «деперсонализации» у МР амбулаторно-поликлинического звена во время пандемии.

При анализе показателя «редукция личных достижений» определяется его достоверное уменьшение в группе МР COVID-госпиталей ( $p_{1-4} \leq 0,001$ ) и МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{2-4} \leq 0,001$ ) по сравнению с контрольной группой. Одновременно не было выявлено достоверных различий по данному показателю при сравнении группы МР многопрофильных стационаров по сравнению с контрольной группой ( $p_{3-4} = 0,816$ ). При этом показатель «редукция личных достижений» достоверно ниже у МР COVID-госпиталей по сравнению с МР многопрофильных стационаров ( $p_{1-3} \leq 0,001$ ), а также по сравнению с МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{1-2} = 0,03$ ). Мы считаем, что это можно объяснить тем, что при наблюдаемой нагрузке многие сотрудники «красной зоны» чувствуют себя бессильными, сталкиваясь с чрезмерным количеством тяжело больных пациентов. В то же время показатель «редукция личных достижений» у МР многопрофильных стационаров достоверно выше по сравнению с МР амбулаторно-поликлинического звена ( $p_{2-3} = 0,008$ ). По нашему мнению, это можно объяснить тем, что МР амбулаторно-поликлинического звена могут быть поглощены своей работой, и постоянное пребывание в этой напряженной среде также может влиять на то, как они оценивают себя. Полученные нами данные совпадают с результатами исследования Guisti, которое было проведено с целью оценки распространенности эмоционального выгорания в области здравоохранения у специалистов, работающих в больницах Северной Италии (Guisti, 2020).

Таким образом, из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. На этапе исследования наблюдается достоверное повышение показателя «истощение» в группе МР COVID-госпиталей, оказывающих медицинскую помощь больным COVID-19; в группе МР амбулаторно-поликлинического звена, работающих в условиях повышенного эпидемиологического порога по ОРВИ, гриппу и COVID-19; в группе МР многопрофильных стационаров, оказывающих медицинскую помощь по своему основному профилю и периодически выявляющих пациентов с заболеванием COVID-19 по данным теста Maslach Burnout. МР COVID-госпиталей, оказывающие медицинскую помощь больным COVID-19, имеют достоверно более высокий показатель «профессиональное истощение» по сравнению с МР многопрофильных стационаров, оказывающими медицинскую помощь по своему основному профилю и периодически выявляющими пациентов с заболеванием COVID-19 ( $p \leq 0,001$ ), и МР амбулаторно-поликлинического звена, работающими в условиях повышенного эпидемиологического порога по ОРВИ, гриппу и COVID-19 ( $p \leq 0,001$ ). По нашему мнению, лечение пациентов с новой коронавирусной инфекцией является фактором, влияющим на психологическое здоровье и профессиональное выгорание медицинских работников во время пандемии COVID-19.

2. МР COVID-госпиталей, оказывающие медицинскую помощь больным COVID-19, имеют достоверно более высокий показатель «деперсонализация» по сравнению с МР стационаров, оказывающими медицинскую помощь по своему основному профилю и периодически выявляющими пациентов с заболеванием COVID-19 ( $p \leq 0,001$ ), и МР амбулаторно-поликлинического звена, работающими в условиях повышенного эпидемиологического порога по ОРВИ, гриппу и COVID-19 ( $p \leq 0,001$ ). Это можно объяснить тем, что повышенная рабочая нагрузка в «красной зоне» и постоянный контакт с пациентами с новой коронавирусной инфекцией могут приводить к умеренному и тяжелому уровню деперсонализации. МР COVID-госпиталей могут использовать отстранение от происходящего как защиту от нервно-психического истощения во время эпидемии.

3. МР COVID-госпиталей, оказывающие медицинскую помощь больным COVID-19, имеют достоверно более низкий показатель «редукция личных достижений» по сравнению с МР стационаров,

оказывающими медицинскую помощь по своему основному профилю и периодически выявляющими пациентов с заболеванием COVID-19 ( $p \leq 0,001$ ), и МР амбулаторно-поликлинического звена, работающими в условиях повышенного эпидемического порога по ОРВИ, гриппу и COVID-19 ( $p \leq 0,001$ ). По нашему мнению, это может быть связано с тем, что медицинские работники «красной зоны» могут занижать собственные профессиональные достижения, пессимистично оценивать свои служебные достоинства и возможности, сталкиваясь с чрезмерным количеством тяжелобольных пациентов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что необходимо продолжать исследования эмоционального состояния медицинского персонала с целью своевременного проведения профилактического лечения для сохранения здоровья медицинских работников.

### Литература

1. *Форманюк, Т.В.* Синдром эмоционального сгорания как показатель профессиональной дезадаптации учителя / Т.В. Форманюк // *Вопр. психологии.* — 1994. — № 6. — С. 57–63.
2. Occurrence, prevention, and management of the psychological effects of emerging virus outbreaks on healthcare workers: rapid review and meta-analysis / S. Kisely [et al.] // *BMJ.* — 2020. — Vol. 369. — P. m1642.
3. Профессиональное выгорание, симптомы эмоционального неблагополучия и дистресса у медицинских работников во время эпидемии COVID-19 / С.С. Петриков [и др.] // *Консультативная психология и психотерапия.* — 2020. — Т. 28, № 2. — С. 8–45.
4. *Maslach, C.* The measurement of experienced Burnout / С. Maslach, S. E. Jackson // *J. Occup. Beh.* — 1981. — Vol. 2, № 2. — P. 99–113.

Поступила 07.09.2022

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОНЫ ЗРИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

*Баслык А.Ю., physical.factors@rspch.by,*  
*Итнаева-Людчик С.Л., к.м.н., ssecretary@rspch.by,*  
*Коноплянко В.А., к.б.н., trud@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Некоторые положения методических документов и межгосударственных стандартов, действующих в Республике Беларусь и устанавливающих методы измерения показателей искусственной световой среды (освещенности, коэффициента пульсации искусственной освещенности), не в полной мере отвечают задачам гигиенической оценки. Одним из примеров является отсутствие акцента на размещении рабочих мест в помещении при проведении измерений искусственной освещенности на рабочих поверхностях по ГОСТ 24940–2016 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности» (ГОСТ 24940–2016) и коэффициента пульсации искусственной освещенности по ГОСТ 33393–2015 «Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности» (ГОСТ 33393–2015).

Важным элементом процесса оценки электрического освещения является определение точек измерения, позволяющих наиболее точно оценить значения показателей искусственной световой среды на рабочих местах. Изучение подходов к определению точек измерения и границ освещаемых поверхностей на рабочем месте, в пределах которых следует проводить инструментальные измерения показателей искусственной световой среды, показало, что как наиболее оптимальный рассматривается принцип зонирования поверхностей или помещения при оценке освещения. Международным [1] и европейским стандартами [2], а также, например, аналогичным им стандартом, действующим в Российской Федерации [3], в пространстве помещения предписано выделять несколько зон, в пределах которых следует оценивать показатели световой среды, например: зона зрительной работы (зона выполнения зрительной задачи), зона непосредственного окружения (зона шириной не менее 0,5 м, окружающая зону зрительной работы), зона периферии (зона, следующая за зоной

непосредственного окружения объекта наблюдения внутри поля зрения). В каждой из зон по установленному алгоритму определяется сетка точек измерений.

Алгоритм выбора контрольных точек проведения измерений согласно рекомендациям ГОСТ 24940–2016 и ГОСТ 33393–2015 при значительных трудозатратах на проведение большого количества инструментальных измерений в помещении (под светильниками, между светильниками и их рядами, в центре помещения и на определенном расстоянии от стен, применение сетки контрольных точек, размещающихся в узлах прямоугольной решетки в пределах зоны выполнения работ или помещения), как правило, является избыточным для гигиенической оценки соответствующих показателей световой среды на рабочих местах в рамках текущего производственного контроля, не фокусирует измерения на зонах выполнения зрительных работ работником на его рабочем месте, что не всегда позволяет максимально точно оценить фактические значения освещенности и пульсации искусственной освещенности непосредственно на исследуемом рабочем месте.

С целью оптимизации объема исследований показателей искусственной световой среды, определения минимального количества точек измерения на рабочем месте, достаточного для корректной гигиенической оценки нами, на основании интерпретации подходов, изложенных в стандартах [1–3], предложено рассматривать зону зрительной работы как условную окружность на рабочей поверхности, центр которой совпадает с точкой наблюдения (наиболее частого фиксирования взгляда) работника при выполнении зрительной работы. Размер зон зрительного восприятия определяется усредненным угловым размером поля зрения наблюдателя [4]. Наиболее широкие границы поля зрения фиксируются для белого цвета (наименьшие для зеленого) и в среднем составляют 90° в височной части, 55° — в носовой, 45° — в верхней и 65° — в нижней. Размеры абсолютного поля зрения, исключая выступающие части лица примерно на 10° шире (с височной стороны эти границы не изменены) [5]. Учитывая вышеизложенное для расчетов радиуса окружности зоны зрительной работы нами предложено применять максимальный угловой размер поля зрения 100° и условие направления зрительной оси глаз работника перпендикулярно поверхности, на которой выполняется зрительная работа. При выполнении данных условий радиус зоны зрительной работы ( $b$ ) рассчитывается по следующей формуле (1):

$$b = \sqrt{\left(\frac{a}{K}\right)^2 - a^2}, \quad (1)$$

где  $b$  — радиус зоны зрительной работы, м;

$a$  — расстояние от глаз наблюдателя (работника) до условной рабочей поверхности, м;

$K$  — коэффициент, характеризующий угол ограничения зоны зрительной работы,  $K = \sin 40^\circ = 0,64$ .

Схематично способ определения радиуса зоны зрительной работы представлен на рисунке 1.

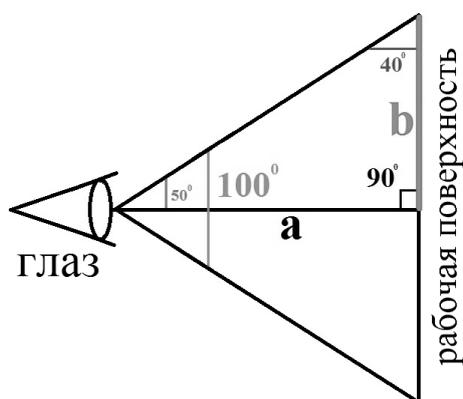
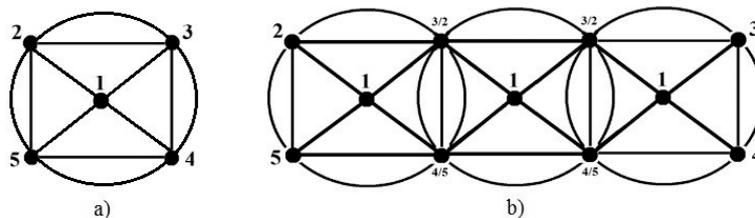


Рисунок 1 — Схема определения радиуса зоны зрительной работы

Учитывая, что принятая за нормативную условная рабочая поверхность на рабочих местах располагается на высоте 0,8 м от пола (опорной поверхности), а среднестатистический рост работника принят равным  $1,7 \pm 0,1$  м, радиус зоны зрительной работы на рабочих поверхностях для стандартной рабочей позы сидя составляет 0,5 м, для рабочей позы стоя — 1,0 м.

Количество точек измерения искусственной освещенности и ее пульсации в пределах зоны зрительной работы должно быть не менее 5. Точки измерения следует располагать методом «кон-

верта» (четыре точки по границе окружности зоны зрительной работы и одна точка в ее центре, рисунок 2а). В случаях, когда площадь рабочей поверхности превышает площадь зоны зрительной работы, рабочую поверхность необходимо разделить на несколько зон зрительной работы. При этом соседние зоны зрительной работы будут примыкать друг к другу в 2-х точках соприкосновения, которые являются общими для обеих зон зрительной работы (рисунок 2б).



- а) рабочая поверхность равна или менее размера зоны зрительной работы;  
 б) рабочая поверхность превышает размер зоны зрительной работы

**Рисунок 2 – Расположение точек измерений в зоне зрительной работы**

При наличии на рабочем месте протяженных рабочих поверхностей (конвейер, технологические линии и т.п.), на основании изучения технологического процесса определяются зоны зрительной работы, в которых выполняются зрительные работы разной точности.

При оценке измеренных значений показателей световой среды для сравнения с гигиеническим нормативом следует выбирать значения, измеренные в точке в пределах зоны зрительной работы, характеризующейся наименьшими уровнями освещенности, а при оценке коэффициента пульсации искусственной освещенности в точке с наибольшим значением данного показателя.

Таким образом, учитывая международные подходы к оценке освещения рабочих мест в помещениях [1, 2], предложено использовать понятие зоны зрительной работы, как части рабочей поверхности, ограничивающейся полем зрения работника при фиксации взгляда на объекте различения. Применение способа определения зоны зрительной работы позволит четко установить границы поверхностей на рабочем месте, в пределах которых выбираются точки проведения измерений искусственной освещенности и коэффициента ее пульсации.

## Литература

1. ISO 8995-1:2002. Lighting of work places — Part 1: Indoor / International Commission on Illumination. — Vienna, 2002. — 18 p.
2. EN 12464-1:2011. Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places / European Committee for Standardization. — Brussels, 2011. — 9 p.
3. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений: ГОСТ Р 55710-2013. — Введ. 01.07.2014. — М.: Стандартинформ, 2016. — 22 с.
4. Smythies, J. A note on the concept of the visual field in neurology, psychology, and visual neuroscience / J. Smythies // Perception. — 1996. — Vol. 25, № 3. — P. 369-371.
5. Новохатский, А. С. Клиническая периметрия / А. С. Новохатский. — М.: Медицина, 1973. — 131 с.

Поступила 28.09.2022

## КАНЦЕРОГЕННЫЙ РИСК КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ: КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕРТНОСТИ КОСМОНАВТОВ

Бетц К.В., betts@irioh.ru

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Развитие пилотируемой космонавтики является важной составляющей общего научно-технического прогресса. Уровень развития ракетно-космической техники государства во многом определяет располагаемый им потенциал и возможности в решении разнообразных задач, диктуемых

потребностями науки и хозяйства. К настоящему времени увеличиваются количество и длительность космических полетов, планируются миссии по освоению Луны и Марса, проектируются новые космические станции, ведется тесное российско-белорусское сотрудничество в освоении и изучении космоса [1]. В этой связи первостепенной задачей авиационно-космической медицины, являющейся частью медицины труда, представляется изучение последствий влияния вредных и опасных условий труда космонавтов на их здоровье с целью профилактики заболеваний, сохранения профессионального долголетия и продления жизни.

Относительно короткий период развития авиационно-космической отрасли только сейчас позволил накопить достаточное количество данных для проведения аналитических эпидемиологических исследований, которые являются наиболее достоверными с позиции доказательной медицины для определения связи «воздействие — эффект» между неблагоприятными условиями труда и состоянием здоровья космонавтов в отдаленном периоде. Комплекс неблагоприятных факторов, которые воздействуют на человека во время космических полетов, ведет ко множественным функциональным и соматическим нарушениям в организме, среди которых большое значение имеет канцерогенная опасность за счет постоянного воздействия ионизирующего космического излучения. Доза радиации на Международной космической станции примерно в 200 раз выше, чем при среднем земном фоне, а осуществление внекорабельной деятельности в течение 5 часов сопровождается дополнительным облучением в дозе 0,3–0,5 мЗв, что близко к среднесуточной дозе внутри станции [2].

В связи со сказанным целью данного исследования являлось изучение смертности космонавтов от естественных причин смерти, с особым вниманием к смертности от злокачественных новообразований.

Для достижения поставленной цели был выбран когортный эпидемиологический метод исследования с ретроспективно составленной когортой. Период наблюдения охватывал 60 лет: с 01.01.1960 по 31.12.2019. Критериями включения космонавтов в исследование являлись: зачисление слушателем в отряд космонавтов, мужской пол, заверченный курс общекосмической подготовки на конец периода наблюдения, совершение хотя бы одного космического полета. Наблюдение за каждым космонавтом устанавливалось с момента зачисления слушателем в отряд и заканчивалось датой закрытия когорты (31.12.2019) или датой смерти (для умерших).

Информация о космонавтах была получена из открытых цифровых баз данных: сайт Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»; сайт ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина»; сайт Космической энциклопедии ASTROnote; российская биографическая энциклопедия [3]. Персональные данные космонавтов были закодированы, этические принципы проведения исследований с участием людей в качестве субъектов были соблюдены.

Анализ смертности космонавтов за 60-летний период проводился с использованием внешней контрольной группы, за которую принято мужское население России. Информация о причинах и уровнях по возрастной смертности мужского населения России с 1960 по 2019 г. получена из цифровой Базы данных по рождаемости и смертности центра демографических исследований российской экономической школы, а также на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики.

Структура причин смерти проанализирована по ведущим классам причин в соответствии с международной классификацией болезней 10 пересмотра (МКБ-10): болезни системы кровообращения (I00–I99) (далее — БСК); злокачественные новообразования (C00–C97) (далее — ЗН); внешние причины (V01–Y98) (далее — ВП); прочие причины (не относящиеся к указанным категориям); все причины в совокупности (A00–Y98). За естественные причины смерти были приняты все причины смерти, исключая внешние причины. Изучен средний общий налет в подгруппах космонавтов, умерших от естественных причин смерти.

Сравнительная оценка риска умереть для космонавтов проводилась с помощью показателя стандартизованного относительного риск (далее — COP) по формуле (1). Повозрастная стандартизация проведена косвенным методом. Во всех случаях расчет проводился для 5-летних возрастных подгрупп.

$$COP = \frac{m_x^{sf}}{n_i^{sf} \times R_{x,i}^{popul}}, \quad (1)$$

где  $m_x^{sf}$  — общее число умерших от причины  $x$  в когорте космонавтов;

$n_i^{sf}$  — число человеко-лет наблюдения для возрастной подгруппы  $i$  в когорте космонавтов;

$$R_i^{popul} = \frac{m_{x,i}^{popul}}{n_i^{popul}} \text{ — оценка абсолютного риска для причины смерти } x \text{ в возрастной подгруппе}$$

$i$  в контрольной группе мужского населения России;

$m_{x,i}^{popul}$ ,  $n_i^{popul}$  — число случаев смерти от причины  $x$  и число человеко-лет наблюдения для воз-

растной подгруппы  $i$  в контрольной группе мужского населения России.

Статистическая значимость показателя COP оценивалась с использованием 95 %-го доверительного интервала (далее — 95 % ДИ) по формуле (2):

$$95\% \text{ ДИ} = e^{\ln COP \pm 1,96 s(\ln COP)} \quad (2)$$

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета Microsoft Office и программного обеспечения Stata 13 с расчетом средних величин и их стандартных ошибок, медианы, с использованием критерия Шапиро — Уилка, t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна — Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

С 1960 по 2019 г. проведены более 30 наборов в отряды космонавтов, по результатам которых зачислены 282 человека. 118 человек мужского пола совершили хотя бы один космический полет и вошли в исследование, в том числе 3 белорусских космонавта. На конец периода наблюдения умерли 40 человек (33,9%), живы 78 человек (66,1%). Всего получено 3947,2 человеко-лет наблюдения.

В структуре причин смерти на первом ранговом месте находились БСК (21 человек, 52,5%), на втором — ЗН (11 человек, 27,5%), на третьем — ВП (6 человек, 15,0%), 2 причины смерти отнесены к прочим (5,0%). Доля естественных причин смерти в общей структуре составила 85,0%.

Средний возраст смерти космонавтов от всех причин в совокупности составил  $65,6 \pm 14,4$  года, от естественных причин —  $69,7 \pm 10,4$  года, причем от ЗН космонавты умирали в более молодом возрасте по сравнению с космонавтами, умершими от БСК ( $66,5 \pm 10,5$  и  $72,9 \pm 8,5$  года соответственно,  $p < 0,05$ ).

Общий налет космонавтов за 60-летний период составил 27 755 суток, в то время как на долю умерших приходилась лишь относительно небольшая часть налета (2492 суток — 8,9%). Полеты умерших космонавтов были совершены в подавляющем числе до 1999 г. и не были продолжительными ( $Me = 16$  суток,  $Me = 330$  суток для умерших и живущих космонавтов соответственно,  $p < 0,01$ ). Подобное распределение общего налета демонстрирует то, что на сегодняшний день показатели смертности космонавтов отражают влияние краткосрочных космических полетов, при которых время воздействия неблагоприятных факторов на организм человека было относительно коротким. Несмотря на это, большой интерес представляет анализ среднего налета в подгруппах космонавтов, умерших от отдельных причин, в особенности — от естественных причин смерти.

Установлено, что космонавты, умершие от ЗН, провели в среднем 77,4 суток в космосе, умершие от БСК — 73,9 суток. Различия между показателями не достигают статистической значимости ( $p > 0,05$ ), однако являются тревожными с учетом того, что злокачественные новообразования этиологически связаны с одним из главных неблагоприятных факторов космического полета — ионизирующим излучением. В этом контексте наибольший интерес представляет сравнительная оценка риска смерти космонавтов, в том числе от ЗН.

Стандартизованный относительный риск смерти от всех причин в совокупности для космонавтов за 60-летний период был достоверно ниже по сравнению с мужским населением России и составил 0,41 (95% ДИ 0,29–0,56). Риск смерти от болезней системы кровообращения составил 0,45 (95% ДИ 0,28–0,69), а от злокачественных новообразований — 0,64 (95% ДИ 0,32–1,15).

Полученные более низкие риски смерти для космонавтов объясняются влиянием эффекта «здорового работника» (далее — ЭЗР), который реализуется через тщательный многоэтапный пролонгированный отбор в профессию, направленный на поиск наиболее соответствующих медицинским и психофизиологическим требованиям лиц. Необходимо помнить о том, что при использовании общей популяции в качестве контрольной группы для профессиональной когорты могут наблюдаться заниженные показатели риска смерти за счет влияния ЭЗР. Однако ряд исследователей, как отечественных, так и зарубежных, предполагают, что ЭЗР проявляется в разной степени для разных нозологических форм. Так, ЭЗР сравнительно сильно выражен для БСК и менее существенен для заболеваний, которые не имеют клинических проявлений при приеме на работу и обладают длительным латентным периодом. Примером таких заболеваний являются ЗН, и общая популяция может быть использована в качестве контрольной группы, когда целью исследователей является изучение смертности по этой причине (Лебедева Н. В., 1994; Kojiro K., 1999; Fornalski K. W., 2010 и др.). С ука-

занной особенностью ЭЗР связано то, что риск смерти космонавтов от ЗН имел лишь тенденцию к понижению, которая не достигала статистической значимости. Это служит иллюстрацией меньшего влияния ЭЗР на смертность от ЗН и не позволяет исключить канцерогенное воздействие на космонавтов во время космических полетов.

Стоит отметить, что в исследованиях смертности астронавтов США показаны схожие результаты. Риск умереть от всех причин в совокупности для астронавтов достоверно ниже по сравнению с населением, в том числе от БСК (R. J. Reynolds et al., 2010–2019). Однако последнее исследование заболеваемости и смертности астронавтов от ЗН, опубликованное в 2021 г. [4], также установило лишь тенденцию к более низкому риску смерти от ЗН всех локализаций у астронавтов по сравнению с населением, которая не была достоверной:  $OR = 72$  (95% ДИ 44–111). Оценка риска смерти от отдельных локализаций ЗН выявила достоверно более высокий риск заболеваемости и смертности астронавтов от злокачественной меланомы кожи ( $OR = 252$ , 95% ДИ 126–452,  $OR = 508$ , 95% ДИ 105–1485 соответственно) и достоверно более высокий риск заболеваемости ЗН предстательной железы ( $OR = 162$ , 95% ДИ 109–232 соответственно). Когорта астронавтов включала 338 человек как мужского, так и женского пола, всего было диагностировано 65 случаев заболеваний ЗН и 20 случаев смерти по этой причине.

Среди космонавтов, вошедших в исследование, зафиксированы 2 смерти по причине ЗН предстательной железы, но оценить риск смерти от отдельных локализаций ЗН пока нельзя в связи с малым числом наблюдений.

Необходимо учитывать, что в настоящее время возможно оценить риск смерти только для тех космонавтов, которые совершили космические полеты в пределах низкой земной орбиты и магнитосферы Земли. Источниками ионизирующего излучения в околоземном космическом пространстве являются в основном естественный радиационный пояс Земли, солнечное и галактическое космическое излучения (уровни которых зависят от параметров полета, конструкции корабля, солнечной активности и т.д.), а также некоторые внутренние системы самого корабля (ядерные ракетные двигатели, бортовые установки, содержащие источники гамма-излучения и др.). Полеты к Луне, Марсу и другим объектам будут сопровождаться более высокими дозами радиации, обусловленными протяженностью и особенностями трасс и характеристиками атмосферы небесных тел [2]. Соответственно, возрастет и канцерогенный риск.

Таким образом, на сегодняшний день существует неустранимый канцерогенный риск во время космических полетов. Планирование новой космической станции, расширение программ по освоению Солнечной системы должны учитывать канцерогенную опасность, сопровождающую увеличение присутствия человека в космическом пространстве. Наряду с экспериментальными исследованиями необходимы проспективные аналитические эпидемиологические исследования заболеваемости и смертности космонавтов, в том числе от ЗН отдельных локализаций, а также в зависимости от общего налета и количества внекорабельной деятельности.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-315-90023.*

## Литература

1. О полете белорусского космонавта на МКС // Госкорпорация «Роскосмос». — Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/37796/>. — Дата доступа: 11.08.2022.
2. Самойлов, А. С. Радиационное воздействие в орбитальных и межпланетных космических полетах: мониторинг и защита / А. С. Самойлов, И. Б. Ушаков, В. А. Шуршаков // Экология человека. — 2019. — № 1. — С. 4–9.
3. Великая Россия: российская биографическая энциклопедия / под ред. А. И. Мелуа. — СПб.: Гуманистика, 2016. — Т. 24–25: Космонавты мира. — (Серия энциклопедий издательства «Гуманистика»).
4. Cancer incidence and mortality in the USA Astronaut Corps, 1959–2017 / R. Reynolds [et al.] // Occup. Environ. Med. — 2021. — Vol. 78, № 12. — P. 869–875.

Поступила 24.08.2022

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ: ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ МАРКЕРОВ

Будаш Д. С., к. м. н.,  
Безшанова А. Е., студентка 6 курса, bezshanova@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Самара, Россия

Профессиональные заболевания органов дыхания (далее — ПЗОД) являются одной из наиболее актуальных проблем системы здравоохранения, так как часто приводят к снижению трудоспособности и качества жизни работников. Целью исследования являлась оценка профессионального риска и определение состояния иммунорегуляторной системы при заболеваниях органов дыхания у промышленных рабочих, контактирующих с высокими концентрациями промышленных фиброгенных аэрозолей (далее — ПФА), со стажем работы более 10 лет.

При индивидуализированном подходе к лечению и профилактике ПЗОД в первую очередь должны определяться лабораторные маркеры на различных стадиях прогрессирования заболевания, путем инструментальных и лабораторных методов.

Данное исследование было выполнено на базе кафедры профессиональных болезней и клинической фармакологии имени заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Косарева В. В. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и отделения профессиональной патологии областного центра ГБУЗ Самарской области «Самарская медико-санитарная часть № 5 Кировского района».

На эпидемиологическом этапе исследования проведено изучение состояния здоровья 130 человек, не имеющих профессиональных заболеваний, но работающих в условиях воздействия высоких концентраций ПФА (свыше ПДК) в течение длительного времени, с оценкой профессионального риска (далее — ПР), его этиологической фракции (далее — EF) развития ПЗОД.

На клиническом этапе исследования обследовали 221 пациента и их распределение по основным группам профессиональных заболеваний. Так, в 1-ю группу вошли 35 человек, имевших длительный производственный контакт с ПФА, у которых не было клинических и рентгенологических признаков поражения легких; во 2-ю группу вошли 39 пациентов, у которых был обнаружен хронический пылевой бронхит (далее — ХПБ); 3-ю группу составили 56 пациентов, болеющие интерстициальной формой силикоза (далее — СЗ); в 4-ю группу вошел 31 пациент, имеющий пневмокониоз узелковой формы от воздействия высокодисперсных сварочных аэрозолей (далее — ПВДСЭ); в 5-ю вошли пациенты, не имеющие контакта с вредными производственными факторами (условно здоровые) — 60 человек (контрольная группа).

Профессиональный риск устанавливался посредством расчета относительного риска (далее — RR) и его этиологической доли (EF). Оценку уровня цитокинов и факторов роста определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа, были исследованы: фактор некроза опухоли  $\alpha$  (далее — TNF $\alpha$ ), фактор роста эндотелия сосудов (далее — VEGF), интерферон  $\gamma$  (далее — IFN $\gamma$ ), фактор роста фибробластов (далее — FGF2), интерлейкины 1, 4, 8 (далее — IL-1 $\alpha$ ; IL-1 $\beta$ ; IL-4; IL-8).

При помощи непараметрического показателя U-критерия Манна — Уитни устанавливали значимость различий. С помощью метода дескриптивной статистики была проведена статистическая обработка данных с использованием программы Statistica 7.0 (StatSoft Inc., USA).

Согласно данным, полученным при проведении периодического медицинского осмотра, риск развития ПЗОД выявлен среди 42,3% из 130 обследованных работников, контактирующих с промышленными аэрозолями высокофиброгенного действия, ПР был в 2,1 раза выше, чем в контрольной группе (RR=2,115, EF=52,7%). У лиц, имеющих контакт с аэрозолем умеренно фиброгенного действия, ПР выше в 1,6 раз, чем в группе сравнения (RR=1,611, EF=37,9%). У работников, контактирующих с высокодисперсным сварочным аэрозолем, ПР развития ПЗОД был выше в 2,02 раза (RR=2,024, EF=50,7%).

При исследовании у пациентов с различными формами заболеваний легких уровнями цитокинов и факторов роста были полученные следующие данные (таблица 1).

Таблица 1 — Значения иммунологических показателей у пациентов с различными формами профессиональных заболеваний органов дыхания

Показатели, единицы измерения	Контактные (n = 35)	Хронический пылевой бронхит (n = 39)	Силикоз (n = 56)	Пневмокониоз от воздействия высокодисперсных сварочных аэрозолей (n = 31)	Группа контроля (n = 60)
	X ± S	X ± S	X ± S	X ± S	X ± S
IL-1α, пг/мл	7,45 ± 1,42	11,14 ± 2,33	14,46 ± 1,56	18,62 ± 1,88	000 ± 000
IL-1β, пг/мл	35,44 ± 1,27	12,27 ± 1,72	9,72 ± 1,42	6,29 ± 1,06	28,98 ± 1,96
IL-4, пг/мл	46,19 ± 2,99	51,18 ± 2,29	39,83 ± 2,89	109,19 ± 2,12	30,41 ± 1,51
IL-8, пг/мл	21,66 ± 1,18	61,68 ± 4,21	62,84 ± 3,84	82,26 ± 6,44	15,62 ± 1,12
IFNγ, пг/мл	272,1 ± 12,86	180,0 ± 5,67	147,22 ± 6,89	427,78 ± 16,42	192,7 ± 11,09
TNFα, пг/мл	27,14 ± 2,28	32,88 ± 2,99	89,87 ± 5,28	134,58 ± 7,78	42,18 ± 3,23
FGF2, пг/мл	2,18 ± 0,14	12,48 ± 1,24	18,14 ± 2,17	3,98 ± 0,36	1,42 ± 0,14
VEGF, пг/мл	264,1 ± 18,14	338,6 ± 24,17	632,8 ± 31,12	798,74 ± 28,76	144,1 ± 14,22

В сыворотке крови работников 1-й группы (контактные) установлено увеличение концентрации IL-1β, IFNγ, FGF2 и уменьшение концентрации TNFα.

У пациентов, болеющих хроническим пылевым бронхитом, наблюдалось увеличение сывороточной концентрации IL-8, FGF2 и уменьшение концентрации IL-1β.

IL-1α является внутрисекреторным агентом, его содержание в сыворотке крови было увеличено во всех группах наблюдения по сравнению с контрольной.

Установлено снижение активности IL-1β в сыворотке крови пациентов с ПЗОД по сравнению с контрольной группой, что характеризует низкую активность воспалительного ответа в легочной ткани при профессиональных заболеваниях органов дыхания.

Выявлено значимое увеличение сывороточной концентрации IL-8, который является индуктором острых воспалительных реакций и стимулятором свойств адгезии, в крови пациентов с ХПБ, СЗ и ПВДСЭ.

При анализе сывороточной концентрации VEGF, который оказывает стимулирующее действие на рост сосудов при развитии злокачественных новообразований, показано его значимое увеличение в группе контактных рабочих и у пациентов с ХПБ, СЗ, ПВДСЭ ( $p < 0,001$ ).

При исследовании содержания в сыворотке крови иммуноглобулина IgE было выявлено его значительное увеличение в группах пациентов, болеющих пневмокониозом и силикозом.

Значения всех других изученных показателей системы иммунитета у пациентов 4 групп сравнения также отличаются от таковых в контрольной группе, что свидетельствует о нарушении иммунорегуляторной системы.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы.

1. У работников, длительно контактирующих с промышленными фиброгенными аэрозолями, установлен повышенный профессиональный риск развития профессиональных заболеваний легких, что имеет важную роль в ранней диагностике, прогнозировании формирования прогрессирования ПЗОД и выработке стратегий профилактики.

2. Прогнозирование течения профессиональных заболеваний органов дыхания должно учитывать степень выраженности изменений иммунорегуляторных показателей организма. Наиболее достоверные значения среди лабораторных показателей у пациентов с разными формами ПЗОД имеют профиброгенные факторы (FGF2, VEGF) и показатели активности воспаления (IL-1α, IL-1β, IL-4, IL-8, IFNγ, TNFα), а также значения концентраций IgE.

3. Работники, имеющие контакт с производственными фиброгенными аэрозолями, высокий профессиональный риск развития профессионального заболевания ( $RR > 2,0$  и  $EF > 50\%$ ), а также стаж работы более 10 лет, должны быть поставлены на диспансерный учет и проходить углубленный медосмотр с изучением основных показателей системы иммунитета 1 раз в полгода.

## Литература

1. Об утверждении перечня профессиональных заболеваний [Электронный ресурс]. Приказ Минздравсоцразвития России № 417н от 27.04.2012 г. // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». — 02.09.2022.
2. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки: руководство Р 2.2.1766–03: утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 24.06.2003. — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 24 с.
3. Измеров, Н. Ф. Иммунологические аспекты современных форм пневмокониозов / Н. Ф. Измеров, Л. А. Дуева, В. В. Милишникова // Медицина труда и промышленная экология. — 2000. — № 6. — С. 1–6.
4. Бабанов, С. А. Состояние гуморального иммунитета при хроническом пылевом бронхите и пневмокониозах от воздействия различных видов фиброгенной пыли / С. А. Бабанов, Д. С. Будащ // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. — 2016. — № 3. — С. 23–34.

Поступила 05.09.2022

### КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К УСЛОВИЯМ ТРУДА ВОДОЛАЗОВ

*Бумай О. К., к. м. н., доцент, wmaotms@yandex.ru,  
Воронкова С. В., к. ю. н., sv3341015@yandex.ru,  
Малинина С. В., к. пед. н., доцент, malinina.s.v@mail.ru,  
Торшин Г. С., к. м. н., доцент, gtorshin@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства, г. Санкт-Петербург, Россия

Вопросам сбережения здоровья моряков и персонала морской инфраструктуры в последнее время уделяется большое значение, а медико-санитарное обеспечение морской деятельности представляет собой целую совокупность мероприятий, включающих гигиену труда и оказание медицинской помощи персоналу. Современное гигиеническое нормирование подверглось значительной трансформации в связи с проводимыми административными реформами и отменой целого массива санитарно-эпидемиологических правил. Так, например, вместо утративших силу нескольких нормативных и методических документов введены в действие СП 2.2.3670–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда», утвержденные Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 02.12.2020 № 40. При этом указанные санитарные правила не распространяются на условия труда водолазов. Тем не менее вековой межведомственный опыт функционирования системы государственной санитарно-эпидемиологической службы позволяет определить основные факторы риска для здоровья отдельных контингентов и восполнить образовавшийся правовой вакуум, в частности, применяя концептуальные подходы при разработке санитарно-эпидемиологических требований. Функции по нормативно-правовому регулированию в сфере медико-санитарного обеспечения работников отдельных отраслей экономики с особо опасными условиями труда (в том числе при подготовке и выполнении космических полетов, проведении водолазных и кессонных работ) осуществляет Федеральное медико-биологическое агентство (далее — ФМБА России).

Следует отметить, что на состояние здоровья водолазов воздействует целый комплекс физических, химических и биологических факторов среды обитания, которые являются факторами риска при выполнении следующих видов работ:

- водолазных спусков методом кратковременных погружений на глубинах до 60 м и при аварийных ситуациях на глубинах до 80 м с применением для дыхания воздуха;
- водолазных спусков в водолазных барокамерах кратковременного пребывания под давлением до 1,1 МПа;

- глубоководных водолазных спусков методом кратковременных погружений на глубинах более 60 м с применением для дыхания кислородно-азотно-гелиевых смесей, при нахождении в водолазных барокамерах кратковременного пребывания (далее — КП);
- водолазных спусков методом насыщенных погружений, при нахождении в водолазных барокамерах длительного пребывания (далее — ДП) в кислородно-азотно-гелиевой среде (далее — КАГСр);
- кессонных работ.

Под водолажным спуском в целях гигиенического нормирования следует понимать процесс погружения водолаза под воду (повышения давления газовой среды в барокамере с находящимися в ней водолазами), пребывание и работа водолаза на заданной глубине (под заданным давлением газовой среды в барокамере), подъем на поверхность или переход в нормальные условия воздушной среды по режиму декомпрессии или без него.

Кроме водолазных спусков под повышенным давлением воздушной среды осуществляются кессонные работы, которые предусматривают следующие этапы: компрессию кессонщика в шлюзовой камере, переход в забойную зону с повышенным давлением воздуха, выполнение работ, переход после окончания работ в шлюзовую камеру и снижение давления в ней по режиму декомпрессии или без него. Пребывание кессонщиков, медицинского, административно-технического и инспекторского персонала под повышенным давлением с целью экспертизы, тренировки, обследования или лечения пострадавшего также является разновидностью кессонных работ.

При установлении санитарно-эпидемиологических требований необходимо учитывать воздействие на организм водолазов и кессонщиков следующих производственных факторов: механическое давление газовой или водной среды; физические, химические и биологические факторы, связанные с пребыванием в гипербарической воздушной или газовой среде, дыханием под повышенным давлением, пребыванием в ограниченных по объему замкнутых помещениях технических средств, а также высокой тяжестью и напряженностью трудового процесса. Воздействие этих факторов приводит к возникновению приспособительных (компенсаторных) реакций организма и может вызывать профессиональные заболевания у водолазов и кессонщиков.

Для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия водолазов и кессонщиков в настоящее время в ФГБУН «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» ФМБА России в рамках государственного задания при выполнении НИР «Шторм-20» разрабатываются методические рекомендации с целью установления санитарно-эпидемиологических требований к следующим характеристикам производственной среды водолазов и кессонщиков:

- 1) физическим факторам среды обитания: (давлению газовой среды и микроклимата в водолазных барокамерах и кессонах; шуму, инфразвуку, ультразвуку и вибрации; параметрам освещенности; параметрам электромагнитных полей (далее — ЭМП), аэроионному составу воздуха в водолазных барокамерах и кессонах; ионизирующему излучению);
- 2) химическим факторам среды обитания;
- 3) биологическим факторам среды обитания.

Комплексный подход при разработке обязательных требований к условиям труда водолазов и кессонщиков проводится с учетом многих характеристик. Приведем некоторые из них.

1. Разработка *санитарно-эпидемиологических требований к физическим факторам* предусматривает следующее.

А) Требования к параметрам давления газовой среды и микроклимату в водолазных барокамерах и кессонах (продолжительность пребывания кессонщиков под избыточным давлением воздуха в течение суток; допустимые значения параметров давления газовой среды и микроклимата в барокамерах КП в кислородно-азотно-гелиевой среде; допустимые значения параметров избыточного давления газовой среды и микроклимата в барокамерах ДП в кислородно-азотно-гелиевой среде; нормативные значения параметров микроклимата газовой среды в кессонах).

Для обеспечения безопасности и (или) безвредности воздействия избыточного давления воздуха или КАГСр на водолазов должен применяться комплекс мероприятий, включающий рациональную организацию труда и отдыха, поддержание натренированности к воздействию факторов водолазного спуска.

К мероприятиям, включающим рациональную организацию труда и отдыха, относится предоставление времени, на которое водолаз освобождается от работы после спуска под воду в зависимости от глубины спуска, продолжительности и тяжести работы.

Для поддержания физиологической натренированности водолазов, которая зависит от перепада между спусками под воду, проводятся тренировочные водолазные спуски на определенную глубину.

Для обеспечения санитарно-эпидемиологических требований к параметрам микроклимата в замкнутых пространствах кессона применяется комплекс мероприятий, включающий вентиляцию кессонов, нагрев и осушку газовой среды. При невозможности поддержания заданных параметров микроклимата по технологическим причинам условия микроклимата следует рассматривать как вредные и (или) опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны использоваться защитные или компенсирующие мероприятия (выдача спецодежды и других средств индивидуальной защиты, регламентация времени работы — перерывы в работе, сокращение рабочего дня).

Б) Требования к параметрам шума, инфразвука, ультразвука и вибрации (предельно-допустимые уровни (далее — ПДУ) звукового давления в октавных полосах частот и эквивалентные уровни звука для водолазов, находящихся под давлением в обитаемых отсеках водолазных барокамер ДП; ПДУ шума на рабочих местах кессонщиков от работы систем вентиляции, технологического оборудования, машин, механизмов и ручного инструмента; ПДУ параметров инфразвука (при наличии источников, генерирующих энергию инфразвука) при выполнении водолазных работ; ПДУ параметров инфразвука на рабочих местах кессонщиков; предельно допустимые значения параметров контактного ультразвука и воздушного ультразвука в водолазных барокамерах КП и на рабочих местах кессонщиков; предельно допустимые значения параметров локальной вибрации при выполнении водолазных и кессонных работ с использованием ручных виброинструментов; ПДУ общей вибрации в жилых и рабочих помещениях водолазных барокамер КП и ДП; ПДУ общей вибрации на рабочих местах производственных помещений кессонов).

Акустическая обстановка в жилых и рабочих отсеках водолазных барокамер КП, ДП и кессонах характеризуется параметрами уровней шума, генерируемого в процессе работы систем жизнеобеспечения и оборудования, а также от других источников звука, влияющих на акустическое состояние среды в обитаемых отсеках барокамер и кессонах. Акустическая обстановка должна соответствовать санитарно-эпидемиологическим требованиям, которые установлены санитарными правилами по нормируемым показателям допустимого уровня звука, звукового давления и эквивалентного уровня звука.

Для обеспечения безопасных условий жизнедеятельности водолазов, сохранения их здоровья и высокой работоспособности уровень звука и эквивалентный уровень звука в обитаемых отсеках водолазных барокамер КП не должен превышать 75 дБ(А).

Нормируемыми параметрами, используемыми для оценки уровней воздействия шума на рабочих местах кессонщиков, являются:

- эквивалентный уровень звука — уровень звука, воздействующего на работающего за рабочую смену, измеренный или рассчитанный относительно 8 ч рабочей смены в дБ(А);
- максимальные уровни звука, измеренные с временными коррекциями S и I в дБ(А), — наибольшая величина уровня звука, измеренная на заданном интервале времени со стандартной временной коррекцией;
- пиковый скорректированный по С уровень звука, измеренный в дБ(С), — взвешенное наибольшее значение за время измерений.

Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются максимальные значения усредненной во времени пик-пространственной интенсивности —  $I_{spTa}$  контактного ультразвука, распространяющегося от источника в водоподобной гелиевой среде.

Нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются эквивалентные уровни звукового давления в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц, измеренные на заданном интервале времени при работе источника ультразвука.

При выполнении водолазных и кессонных работ с использованием ручных механизированных инструментов нормируются уровни воздействия локальной вибрации на водолазов и кессонщиков, которые не должны вызывать неприятных субъективных ощущений, болезненных явлений и затруднять работу.

Нормируемыми параметрами локальной вибрации от воздействия ручных виброинструментов являются абсолютные значения виброускорения (представленные в  $m/c^2$ ), а также их логарифмические уровни (представленные в дБ). Вибрационными характеристиками инструмента являются скорректированные уровни вибрации. Характеристикой вибрационного воздействия на человека является эквивалентный скорректированный уровень вибрации.

При воздействии на водолазов и кессонщиков виброакустических факторов с уровнями, превышающими нормативные значения, для предупреждения неблагоприятных эффектов должны применяться индивидуальные средства защиты и соблюдаться режимы труда и отдыха. Ответствен-

ность за соблюдение установленных санитарно-эпидемиологических нормативов по виброакустическим факторам несет работодатель.

В) Требования к параметрам освещенности в водолазных барокамерах и на рабочих местах в кессонах (нормируемые показатели искусственного освещения в отсеках водолазных барокамер ДП и водолазного колокола (при транспортировке водолазов и при выполнении работ на грунте) для светильников, оснащенных лампами накаливания или светодиодными источниками света; нормируемые показатели искусственного освещения в рабочих помещениях кессонов для светильников, оснащенных лампами накаливания или светодиодными источниками света). В водолазных барокамерах КП и ДП должно быть предусмотрено рабочее и аварийное освещение.

Необходимость установки дежурного освещения, а также наличие дополнительных источников местного освещения определяют при проектировании в зависимости от назначения водолазных барокамер КП и ДП.

Освещение в водолазных барокамерах КП и ДП должно обеспечивать визуальный доступ ко всем плоскостям интерьера обитаемых отсеков водолазной барокамеры, условия для свободного чтения показаний приборов, надписей, обозначений, для наблюдений за экраном индикаторов. Естественное освещение в помещениях, где проводятся кессонные работы, не нормируется. При отсутствии естественного освещения на рабочих местах кессонщиков должны быть предусмотрены дополнительные профилактические мероприятия по компенсации дефицита ультрафиолетового облучения, проводимые в медицинских учреждениях.

Г) Требования к параметрам электромагнитных полей и аэроионному составу воздуха в водолазных барокамерах и кессонах (ПДУ постоянного магнитного поля (далее — МП) в рабочих зонах кессонов в зависимости от времени его воздействия за рабочую смену; ПДУ периодического (синусоидального) МП частотой 50 Гц в зависимости от времени его воздействия на работника; ПДУ энергетической экспозиции ЭМП у водолазов и кессонщиков при времени воздействия не более 8 часов; ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП при времени облучения водолазов и кессонщиков не более 0,2 ч за рабочую смену; значения нормируемых показателей концентраций аэроионов (при наличии источников их генерирующих) и коэффициента униполярности в барокамерах КП, ДП и кессоне). Уровень напряженности электростатического поля на поверхности конструкционных и отделочных материалов, изделий и конструкций водолазных барокамер КП и ДП, устанавливаемых на судах и плавсредствах, не должен превышать 15 кВ/м; ПДУ электрического поля частотой 50 Гц на рабочих местах водолазов и кессонщиков составляет 5 кВ/м.

Д) Требования к ионизирующему излучению — установление пределов значений доз облучения водолазов и кессонщиков, привлекаемых к проведению водолазных и кессонных работ в условиях радиационного воздействия от техногенных источников ионизирующего излучения (при нормальных условиях эксплуатации техногенных источников излучения). Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности должны проводиться с соблюдением требований и нормативов санитарного законодательства в области обеспечения радиационной безопасности.

2. Разработка санитарно-эпидемиологических требований к химическим факторам среды обитания.

Воздух, содержащий вредные химические вещества (далее — ВХВ) с превышением предельно допустимых концентраций (далее — ПДК), не должен быть использован для дыхания водолазов. Объемная доля кислорода в газовой среде водолазной барокамеры КП не должна превышать 23%. Объемная доля углекислого газа (диоксида углерода) в газовой среде водолазной барокамеры КП не должна превышать 1% (в концентрации, приведенной к условиям нормального давления). В целом же, санитарно-эпидемиологические требования к химическим факторам среды обитания водолазов и кессонщиков предусматривают ПДК вредных веществ в воздухе, применяемом для дыхания водолазов и приготовления дыхательных газовых смесей; ПДК вредных веществ в газовой среде барокамер КП и ДП; ПДК диоксида углерода, углеводородов суммарно, оксидов углерода и азота в сжатом воздухе, предназначенном для компрессии кессонщиков в шлюзовых аппаратах, стационарной и транспортировочной медицинских барокамерах, допустимое содержание кислорода, диоксида углерода и ПДК ВХВ в воздухе, подаваемом в кессон, в воздушной среде кессона при нормальном барометрическом давлении.

3. При установлении санитарно-эпидемиологических требований к биологическим факторам среды обитания водолазов и кессонщиков определяется допустимый уровень микробной обсемененности газовой среды и внутренних поверхностей жилых и рабочих отсеков водолазных барокамер. При этом нормируется общая и гемолитическая микробная обсемененность газовой среды и внутренних поверхностей барокамер как исходная, так и в ходе пребывания.

Заметим, что для удаления микрофлоры из газовой среды барокамер ДП в системе вентиляции и очистки газовой среды от диоксида углерода и вредных веществ должны устанавливаться противомикробные фильтры, улавливающие частицы размером до 0,2 микрона. Объемный расход прохождения газовой среды барокамеры через фильтр должен составлять не менее пяти объемов барокамеры в 1 ч.

Для обеспечения санитарно-эпидемиологических требований к биологическим факторам среды обитания водолазные барокамеры ДП перед каждым применением дезинфицируют 3 % раствором перекиси водорода в смеси с моющими средствами в соответствии с методикой.

Кроме того, для обеспечения санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда водолазов и кессонщиков проводится производственный контроль за условиями труда, разрабатываются и проводятся санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия. Для проведения производственного контроля применяют результаты специальной оценки условий труда, результаты лабораторных исследований, полученные в рамках федерального государственного контроля (надзора), производственного лабораторного контроля, документацию изготовителя (производителя), эксплуатационную, технологическую и иную документацию на машины, механизмы, оборудование, сырье и материалы, применяемые работодателем при осуществлении производственной деятельности.

В заключение следует отметить, что санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, направленные на предупреждение вредного воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на здоровье работника при выполнении водолазных и кессонных работ, носят комплексный характер, включают в себя как организационные, так и технические, технологические, лечебно-профилактические и другие мероприятия.

Поступила 21.09.2022

## **ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ МЕДИКО-САНИТАРНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Воронкова С. В., к. ю. н., sv3341015@yandex.ru,  
Левкина Е. В., к. б. н., lyovkina.yekaterina@mail.ru,  
Грабский Ю. В., к. м. н., yugrabsky@yandex.ru,  
Иванов О. С., к. м. н., sibivolga@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность поиска соответствующих времени решений проблемы сохранения здоровья и профессионального долголетия квалифицированных работников предприятий ключевых отраслей промышленности Российской Федерации возрастает пропорционально усугублению проблемы старения населения трудоспособного возраста. Старение высококвалифицированных работников промышленных предприятий инициирует сложности, связанные с равноценной кадровой заменой, что, в свою очередь, снижает потенциал развития страны. К тому же возрастание производственно обусловленных соматических заболеваний среди персонала предприятий в итоге уменьшает производительность коллективного труда и негативно отражается на сроках, количестве и качестве выполнения государственно значимых проектов.

В русле поиска и реализации частных решений обозначенных проблем по управлению «человеческим фактором» и производительности производства важно постоянно обеспечивать хотя бы минимально необходимое качество медико-санитарного обслуживания персонала, работающего в условиях воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов. Решение этой задачи возложено на Федеральное медико-биологическое агентство и его подведомственные учреждения, одним из которых является Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства (далее — ФГБУН «НИИ промышленной и морской медицины»).

Оптимизация производственных, в том числе кадровых и логистических, процессов медицинской организации является элементом обеспечения эффективности работы обслуживаемых пред-

приятий ключевых отраслей промышленности. В условиях перманентного реформирования системы здравоохранения важное значение приобретает процесс выявления или даже реификации (создания из не проявленного состояния) резервов, которые становятся доступными для практического использования с целью оптимизации лечебно-диагностического процесса. Поиск таких резервов осуществляется в ходе прикладных научно-исследовательских работ, выполняемых ФГБУН «НИИ промышленной и морской медицины» по заказу ФМБА России.

Нами исследованы возможность и алгоритмы реализации принципов «бережливого производства» в работе конкретной медицинской организации (медико-санитарной части — далее МСЧ), обслуживающей крупное предприятие судостроительной промышленности. Следует отметить, что особенностью таких работ является обстоятельство, при котором в современных условиях практически невозможно разработать универсальное решение по оптимизации ресурсов для всех МСЧ. С учетом конкретных организационно-экономических, социально-демографических, кадровых и климатогеографических условий, в рамках которых функционируют МСЧ и обслуживаемое ею предприятие, приходится предлагать свои, нередко ситуативные, но актуальные на коротком промежутке времени решения.

В ходе исследований установлено, что улучшить целевые функции работы МСЧ по обслуживанию персонала предприятия без увеличения финансовых затрат возможно путем оптимизации логистических процессов в сфере движения потоков пациентов при оказании амбулаторной помощи. Были предложены алгоритмы, устраняющие неравномерную (по сезонам и дням недели) нагрузку на врачей, предложены эргономичные решения для системы электронного документооборота. Тестовое внедрение разработанных рекомендаций относительно быстро (за один учетный год) привело, как минимум, к улучшению контрольных статистических показателей работы МСЧ.

Выявлен характер связи между категориями работников и показателями их обращаемости за медицинской помощью. Такая связь была обнаружена, в связи с чем было рекомендовано весь персонал предприятия разделить на группы: работники основного производства, вспомогательный персонал и инженерно-технические работники. В дальнейшем для каждой из этих групп был разработан свой «маршрут» медико-санитарного обслуживания.

Одним из практически значимых результатов выполненных исследований стала информация о том, что пик обращений работников предприятия за медицинской помощью приходится на холодное время года (зимние месяцы за исключением января), в то время как в летний период количество обращений снижается. И эта «сезонность обращаемости» носит устойчивый характер для рассматриваемой системы «МСЧ — предприятие». Январь получается резервным (мало загруженным в холодное время года) месяцем, что позволяет использовать этот период для профилактической работы. Летние же месяцы нецелесообразно рассматривать как резервные, так как из-за отпускного периода, несмотря на то, что поток обращений в МСЧ со стороны работников предприятия снижается относительно других сезонов, количество работающих в МСЧ медицинских специалистов также снижается, в силу чего соотношение «врач / пациенты» остается постоянным. Движение потоков пациентов оценивалось по категориям:

- показатель общей заболеваемости (по обслуживаемой группе);
- показатели заболеваемости (по группам и приросту заболеваемости по окончательному диагнозу);
- уровень патологической (хронической) пораженности;
- объем выявленных нарушений качества оказания медицинской помощи;
- объем неоптимальных кадровых ресурсозатрат при оказании медико-санитарных услуг.

Полученные таким образом статистические данные указали на целесообразность корректировки структуры (логистики) потоков пациентов. Собственно корректировка состояла в отделении потока пациентов, нуждающихся непосредственно в лечении, от потока пациентов, нуждающихся в профилактической помощи. Также было решено выделить группы лиц, относимых к критическим возрастам работников, чей паспортный возраст составил 60 и более лет. Использование такого алгоритма к разделенным потокам и группам пациентов позволяет оперативно устанавливать, какая именно группа пациентов с какими нозологическими единицами требует неотложных профилактических мероприятий, а также, в свою очередь, позволяет прогнозировать, когда и в каком объеме эти мероприятия потребуются.

Проблемными вопросами кадрового обеспечения системы «МСЧ — персонал предприятия», оснащения медицинской организации необходимым диагностическим оборудованием, ее укомплектованности вспомогательным и обслуживающим персоналом являются:

- отставание темпов роста численности медицинского персонала от темпов роста численности обслуживаемого контингента;

— сезонная неравномерность динамики потоков пациентов и несовпадение расчетной штатной нагрузки на медицинский персонал с реально возникающими нагрузками, связанными в том числе с необходимостью проведения профилактических медицинских осмотров;

— наличие тенденции с отрицательной динамикой показателей укомплектованности врачебных штатов, особенно узкопрофильными специалистами (врач-онколог-маммолог, врач-проктолог, врач-акушер-гинеколог и др.), что приводит к возрастанию коэффициента совместительства среди основных категорий специалистов (врачи-профпатологи, врачи ультразвуковой и функциональной диагностики) и повышенному расходованию адаптационного потенциала специалистов — профессиональному выгоранию и снижению профессионального здоровья и долголетия.

По результатам проведенного исследования были сформулированы следующие положения.

1) Для совершенствования кадрового обеспечения медицинской организации применительно к задачам выявления основных заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе с вредными и (или) опасными производственными факторами, предлагаются следующие меры:

— корректировка количества ставок и штатной укомплектованности МСЧ, преимущественно в амбулаторно-поликлиническом подразделении, на основе постоянного мониторинга численности обслуживаемого контингента;

— проведение на регулярной основе мероприятий по доукомплектованию вакантных должностей с первоочередным пополнением врачебным и средним медицинским персоналом терапевтических и кардиологических подразделений;

— повышение квалификации врачей-профпатологов и врачей узких специальностей.

2) Проблема обеспечения профессионального долголетия высококвалифицированных работников промышленного предприятия может быть решена в рамках создания единой системы управления профилактикой заболеваний, объединяющей медицинское обслуживание в медицинской организации, развитие самоуправления, совершенствование систем охраны труда, промышленной и экологической безопасности обслуживаемого предприятия, а также повышение мотивации работников к сохранению собственного здоровья путем формирования у них стремления к здоровому образу жизни, разработку корпоративных программ по укреплению здоровья работников. Было установлено, что для достижения указанной цели потребуется решить следующие задачи:

— информировать и вовлекать и медицинский персонал, и работников обслуживаемого предприятия в проведение мероприятий по профилактике заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе;

— на основе мониторинга оперативно прогнозировать и выявлять предпосылки возникновения заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе во вредных и (или) опасных условиях труда;

— выявлять и включать лиц с признаками синдрома хронического адаптационного перенапряжения (вегетозами) в группу риска возникновения заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе во вредных и (или) опасных условиях труда;

— расширять деятельность МСЧ по предупреждению возникновения, раннему выявлению и лечению по современным протоколам основных заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе во вредных и (или) опасных условиях труда;

— совершенствовать систему учета заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе во вредных и (или) опасных условиях труда;

— оптимизировать штатную структуру и оснащение медицинскими изделиями и оборудованием МСЧ;

— отлаживать систему диспансерного наблюдения для снижения частоты основных заболеваний, являющихся причинами медицинских противопоказаний к работе во вредных и (или) опасных условиях труда;

— обеспечивать на регулярной основе подготовку, переподготовку и повышение квалификации медицинских кадров, в особенности по «редким» специализациям.

Необходимо также отметить, что цифровизация процессов управления деятельности медицинской организации на сегодня признана одним из ведущих ресурсосберегающих направлений совершенствования системы оказания медико-санитарных услуг. Поэтому представляется перспективным перевод «бумажных» версий нормативно-методических документов на платформу целевого сервера удаленной экспертной поддержки, содержащего систему поддержки принятия решений, разработка которого является целью наших дальнейших исследований. Наличие доступа к подобному серверу позволит специалистам в режиме реального времени получать необходимые рекомендации по оптимизации работы медицинской организации.

Поступила 21.09.2022

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СТРЕСС-ФАКТОРЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОВОЛОКНА

<sup>1,2</sup>Гимаева З. Ф., д.м.н., доцент, [gzf-33@mail.ru](mailto:gzf-33@mail.ru),

<sup>1</sup>Каримова Л. К., д.м.н., профессор, [iao\\_karimova@rambler.ru](mailto:iao_karimova@rambler.ru),

<sup>1</sup>Бейгул Н. А., к.х.н., доцент, [omt\\_ufnii@mail.ru](mailto:omt_ufnii@mail.ru),

<sup>1,2</sup>Галимова Р. Р., к.м.н., [rasima75@mail.ru](mailto:rasima75@mail.ru),

<sup>1</sup>Мулдашева Н. А., [muldasheva51@gmail.com](mailto:muldasheva51@gmail.com),

<sup>1</sup>Маврина Л. Н., к.б.н., [liana-1981@mail.ru](mailto:liana-1981@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Уфа, Россия

В современном мире стресс на рабочем месте является актуальной проблемой медицины труда. Особенно ему подвержены работники, деятельность которых сопряжена с высоким риском вследствие взрыво- и пожароопасности производства, работы с высоким давлением и температурами, деятельности на глубине более 1,5 м, а также в отраслях, на которых возможно возникновение инцидентов, аварий и требуется незамедлительное принятие правильных решений. Многочисленными исследованиями доказано негативное влияние стресса на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний, увеличение частоты курения и употребления алкоголя, нарушения пищевого поведения.

Объектами исследования выбраны производства непрерывного стекловолокна, которые входят в структуру химических производств.

Производства непрерывного стекловолокна относятся к полуавтоматизированным с необходимостью частого вмешательства работника в технологический процесс.

Технологический процесс начинается с приготовления стекольной шихты, частицы которой затем полностью растворяются в расплаве при температуре порядка 1200 °С в стекловаренной печи. После стеклообразования расплавленная стеклянная масса продавливается через фильерные питатели, застывая, приобретает вид тончайших непрерывных нитей. Элементарные волокна сначала собираются в один пучок, а потом разделяются на одну или несколько прядей и вытягиваются. Далее стеклянная нить поступает в наматывающий аппарат для намотки ее на манжеты, в последующем — в сушильную камеру для удаления излишней влаги.

Необходимо отметить, что поверхность стеклянных волокон в процессе вытягивания покрывается замазливателем для предупреждения их взаимного трения, склейки в нить, а также для покрытия поверхности нити пленкой, предохраняющей от разрушения во время переработки на текстильном оборудовании. Используемые для этих целей замазливатели представляют собой многокомпонентную водно-эмульсионную систему. В состав входят до десятка различных вредных веществ 2–4 класса опасности, обладающих разнообразными токсическими эффектами (клеящие вещества, пластификаторы, эмульгаторы и др.).

Все технологическое оборудование производства стекловолокна размещено в производственных помещениях. Большинство из используемого оборудования генерируют интенсивный шум, а стекловаренные печи являются источником тепловой нагрузки.

В производстве трудятся работники более 25 профессий, условия труда которых определяются сочетанием различных вредных производственных факторов. Основной профессиональной группой являются оператор получения непрерывного стекловолокна, изготовитель изделий методом намотки, аппаратчик обжига, стекловар, эмульсовар, транспортировщик, чистильщик, слесарь-ремонтник, засыпщик шихты, дробильщик-размольщик.

В результате комплексных исследований было выявлено, что работники производств непрерывного стекловолокна испытывают воздействие стресс-факторов: производственных и психосоциальных.

Производственные стресс-факторы представляют комплексное воздействие факторов рабочей среды и трудового процесса.

Химический фактор на рабочих местах основных профессий представлен различными веществами в зависимости от используемого замазливателя. В течение рабочей смены работники поочередно заправляют прядильные ячейки замазливателями разных марок, состоящих из нескольких

компонентов. В связи с этим качественный состав воздуха рабочей зоны в течение смены представлен всеми компонентами, входящими в них.

В воздухе рабочей зоны присутствуют одновременно эпихлоргидрин, формальдегид, масла минеральные нефтяные, гидрохлорид, уксусная кислота и пыль стекловолокна, которые поступают в воздушную среду в результате испарения замазк при контакте их с нагретыми поверхностями технологического оборудования.

Вредные вещества могут проникать в организм работника ингаляционно и через кожные покровы. Большинство представленных в воздухе вредных веществ имеют несколько специфических эффектов воздействия на организм. Для многих веществ требуется специальная защита кожи и глаз.

Необходимо отметить, что контроль за содержанием вредных веществ в рамках производственного контроля на предприятии проводился только по основным приоритетным соединениям 2–3 класса опасности.

Анализ результатов контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочих помещений производства непрерывного стекловолокна показал, что концентрации каждого из вредных веществ в отдельности не превышают соответствующих допустимых уровней. Однако одновременное присутствие нескольких веществ в воздухе рабочей зоны, обладающих однонаправленным механизмом действия, предопределяет необходимость учета эффекта суммации. Установлено, что коэффициент суммации для комбинации эпихлоргидрина, минеральных нефтяных масел и формальдегида, обладающих канцерогенным действием, превышает установленный предел, равный единице, в 1,2 раза. Это позволило отнести условия труда по химическому фактору с учетом эффекта суммации к вредным первой степени (класс 3.1).

При проведении количественного химического анализа проб воздуха рабочей зоны производства непрерывного стекловолокна установлено присутствие аэрозоля преимущественно фиброгенного действия (далее — АПФД) — пыли стекловолокна, в концентрациях, превышающих ПДК<sub>мр</sub>. Класс условий труда работников основных профессий по АПФД оценивается как третий вредный класс первой степени.

В производстве получения непрерывного стекловолокна используются стекловаренные печи и стеклоплавильные сосуды, являющиеся источниками повышенных температур и теплового излучения. При измерении фактических параметров микроклимата установлено, что температура воздуха и тепловое излучение превышают верхние границы допустимых уровней, это указывает на необходимость определения средневзвешенной тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс). Рассчитанная величина ТНС-индекса превышает ПДУ на 0,6–1,1 °С. Интенсивность теплового излучения составляет 189–200 Вт/м<sup>2</sup> (класс 3.2).

Тяжесть трудового процесса работников соответствует третьему классу первой степени вредности за счет нахождения работника в неудобной позе около 25 % времени смены и в позе стоя до 80 % времени рабочей смены.

Из приведенных данных следует, что наиболее значимыми производственными стрессорами, воздействующими на работников производства непрерывного стекловолокна, являются неблагоприятный микроклимат (класс 3.2), вредные химические вещества, входящие в состав замазк различных марок (класс 3.1), пыль стекловолокна (промышленные аэрозоли фиброгенного действия) (класс 3.1) и производственный шум (класс 3.2).

Общий класс условий труда работников основных профессий производства непрерывного стекловолокна определен как вредный — 3 класс 3 степени вредности.

Данные гигиенического исследования подтверждены результатами опроса работников. Установлено, что наиболее значимыми стрессогенными факторами для работников основных профессий изученных производств являются вредные условия труда (от 69,3 до 85,1 % опрошенных), пожаро- или взрывоопасность производства (от 32,3 до 58,6 %), работа в ночную смену (от 79,2 до 84,2 %), боязнь потерять работу (от 12,6 до 41,7 %), низкая оплата труда (от 21,6 до 62,2 %).

Большинство опрошенных (71,3 %) оценивали свою повседневную деятельность как имеющую выраженный «стрессовый» характер.

Среди наиболее вредных производственных факторов чаще всего респонденты отмечали повышенную температуру воздуха (49 %), тяжелую физическую работу (44 %), интенсивный производственный шум (42 %), воздействие пыли стекловолокна (35 %), загрязнение кожных покровов замазками (27 %) и сменную работу (68 %).

Основными социально-психологическими предпосылками к формированию профессионального стресса, связанными с организацией труда, согласно опросу работников производств непрерывного стекловолокна, явились монотонная работа (64,3 %), низкая степень широты принимаемых решений (44,6 %), отсутствие возможности карьерного роста (54,4 %).

Каждый второй работник был недоволен низкой оплатой труда, отсутствием социальной поддержки со стороны руководства и коллег.

Большинство работников (84,3 %) испытывали стресс на производстве и в быту. Отсутствие эмоциональной поддержки от членов семьи и близких родственников отметило 8,3 % респондентов.

Результаты тестирования выявили повышенный уровень таких стресс-индуцированных состояний, как субклиническая тревога, депрессия и стресс. В результате тестирования по шкале Госпитальной шкалы тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale (далее — HADS)) у 21,6 % работников производства стекловолокна были обнаружены признаки тревоги, у 16,9 % — депрессии. Оценка психосоциального стресса по шкале Ридера (Reeder) и тесту Госпитальной шкалы тревоги и депрессии HADS выявила его наличие у трети работников.

По результатам тестирования обнаружена связь распространенности психосоциального стресса и возраста работников. Так, если в группе молодых работников 20–29 лет наличие стресса регистрировалось у 9,5 %, то в группе 50–60 лет — у 55,6 % работников.

Нарушение сна отметило 18,4 % работников в виде недосыпания (15,7 %) и бессонницы (2,7 %).

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии на рабочих местах производства стекловолокна комплекса производственных стресс-факторов: шума, воздействия химических веществ, повышенной тепловой нагрузки и сменной работы. На уровень стресса наряду с производственными факторами оказывает влияние отсутствие социальной поддержки и стресс в быту. Напряженная обстановка на работе, по мнению респондентов, приводила к ухудшению взаимоотношений в семье и наоборот.

Результаты исследований диктуют необходимость проведения на предприятии комплекса профилактических мероприятий, направленных на улучшение условий труда, нормализацию психологического микроклимата в коллективе с целью улучшения взаимоотношения работника и руководства, снижения количества стрессовых и конфликтных ситуаций, повышения стрессоустойчивости работников, что будет способствовать повышению производительности труда и сохранению здоровья работников.

Поступила 20.06.2022

## **ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ У РАБОТНИКОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

<sup>1,2</sup> Гимранова Г.Г., д.м.н., доцент, [gala.gim@mail.ru](mailto:gala.gim@mail.ru),

<sup>1,2</sup> Шайхлисламова Э.Р., к.м.н., [shajkh.ehlmira@yandex.ru](mailto:shajkh.ehlmira@yandex.ru),

<sup>1</sup> Волгарева А.Д., к.м.н., [ad-volgareva@yandex.ru](mailto:ad-volgareva@yandex.ru),

<sup>1</sup> Бейгул Н.А., к.х.н., доцент, [omt\\_ufnii@mail.ru](mailto:omt_ufnii@mail.ru),

<sup>1,2</sup> Масыгутова Л.М., д.м.н., доцент, [kdl.ufa@rambler.ru](mailto:kdl.ufa@rambler.ru)

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Уфа, Россия

Обеспечение здоровых и безопасных условий труда является предпосылкой для высокой производительности труда, залогом сохранения трудовых ресурсов, а также устойчивого социально-экономического развития государства в целом.

В этой связи одной из основных задач является развитие и сохранение трудового потенциала страны, формирование и сохранение профессионального здоровья, профессионального долголетия за счет берегающих здоровье технологий, путем сокращения заболеваемости и травматизма. Демографическая политика, проводимая Правительством Российской Федерации, включает одно из приоритетных направлений — снижение смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний путем обеспечения безопасных условий труда [1].

Освоение и эксплуатация крупнейших газовых и нефтяных месторождений Западной Сибири диктует необходимость экспедиционно-вахтового метода работы для значительных контингентов высококвалифицированных работников нефтедобывающей отрасли [2, 3].

Нефтяники Западной Сибири подвергаются воздействию многочисленных профессиональных вредностей. Для большинства рабочих мест в отрасли характерно наличие таких производственных факторов, как тяжесть и напряженность труда, шум, вибрация, загрязнение воздуха рабочей зоны вредными химическими веществами. Метеорологические условия также являются значительным неблагоприятным производственным фактором в связи с тем, что большинство операций связано с пребыванием работников нефтедобывающих предприятий на открытой территории в любую погоду и сезон года [4].

Повышенные уровни воздействия факторов рабочей среды и трудового процесса обуславливают высокий риск нарушений здоровья в процессе труда. Наличие комплекса вредных производственных факторов в регионах с суровыми климатическими условиями являются основным фактором риска формирования профессиональной и профессионально-обусловленной патологии, роста заболеваемости с временной утратой трудоспособности [5].

Научное обоснование комплексных клинико-гигиенических исследований влияния производственно-профессиональных факторов на состояние здоровья рабочих, занятых добычей нефти, совершенствование медицинского обеспечения нефтяников является актуальным.

Углубленный медицинский осмотр проведен у 992 нефтяников, работающих в Западной Сибири. Медицинский осмотр был проведен по углубленной схеме с участием следующих специалистов: терапевта, невролога, окулиста, дерматолога, отоларинголога, с применением клинико-лабораторных и функциональных методов исследования.

Профессионально-производственные группы были представлены бурильщиками (10,9%), операторами по подземному ремонту скважин (далее — ПРС), капитальному ремонту скважин (далее — КРС) (46,0%), операторами по добыче нефти и газа (далее — ДНГ) (43,1%). Основной контингент работающих — мужчины (94,1%) в возрасте от 20 до 55 лет. Возраст нефтяников представлен следующим образом: до 29 лет (15,3%), 30–39 лет (29,9%), 40–49 лет (41,1%), 50 лет и старше (15,7%). Стаж работы до 5 лет имели 14,7% обследованных, 5,1–10,0 лет — 25,0%, 10,1–15,0 лет — 20,7% и более 15 лет — 16,3%.

В структуре выявленных хронических заболеваний ведущее место занимают болезни системы кровообращения (54,8%), болезни глаза и его придаточного аппарата (40,7%), заболевания костно-мышечной системы (38,6%), болезни уха и сосцевидного отростка (21,8%). Далее в порядке убывания следуют болезни нервной (15,7%) и эндокринной систем (10,0%). На болезни желудочно-кишечного тракта и кожи приходится соответственно 3,6 и 2,0%.

Заболевания костно-мышечной системы наиболее часто регистрировались в профессиональных группах бурильщиков (37,7%), операторов подземного, капитального ремонта скважин (20,3%) (таблица 1).

Таблица 1 — Структура заболеваемости у работников Западной Сибири ( $P \pm m\%$ )

Заболевания	Профессиональная группа		
	бурильщики	операторы КРС, ПРС	операторы ДНГ
Заболевания сердечно-сосудистой системы	20,10 ± 2,80	29,45 ± 1,40	30,43 ± 1,80
Заболевания костно-мышечной системы	37,69 ± 3,40	20,27 ± 1,20	14,91 ± 1,40
Заболевания уха и сосцевидного отростка	14,07 ± 2,50	14,15 ± 1,10	6,21 ± 1,00
Заболевания глаз	18,09 ± 2,70	16,06 ± 1,10	31,06 ± 1,80
Заболевания нервной системы	2,01 ± 1,00	9,18 ± 0,90	8,70 ± 1,10
Заболевания желудочно-кишечного тракта	–	3,44 ± 0,60	–
Заболевания эндокринной системы	8,04 ± 1,90	3,73 ± 0,60	6,83 ± 1,00
Заболевания кожи	–	1,15 ± 0,30	0,62 ± 0,30

Вертеброгенная патология у бурильщиков выявлялась достоверно чаще по сравнению со всеми остальными анализируемыми группами. Люмбалгии у бурильщиков (23,1 ± 4,1%) диагностированы достоверно чаще ( $p < 0,001$ ) относительно операторов ДНГ (11,2 ± 1,5%). Пояснично-крестцовые радикулопатии регистрировались значительно реже: у операторов ПРС, КРС (3,7 ± 0,9%), операторов ДНГ (1,9 ± 0,7%).

Выявлен значительный рост распространенности люмбалгий с увеличением профессионального стажа. Наиболее часто люмбалгии диагностированы в профессиональных группах при стаже

работы 10,1–15,0 и более 15 лет: бурильщики (соответственно 19,2 и 25,0%), операторы ПРС, КРС (соответственно 17,4 и 15,2%).

Дегенеративно-дистрофические заболевания суставов (плечелопаточный периартроз, остеоартроз) выявлены чаще у бурильщиков ( $9,3 \pm 2,8\%$ ) и операторов ПРС, КРС ( $7,9 \pm 1,3\%$ ) по сравнению с операторами ДНГ ( $1,9 \pm 0,7\%$ ).

Сердечно-сосудистые заболевания диагностированы у 54,8% обследованных. Гипертоническая болезни II ст. установлена у бурильщиков в 14,8%, операторов ПРС, КРС — 13,2%, операторов ДНГ — 12,1% случаев, гипертоническая болезнь I ст. у операторов ПРС, КРС — 9,6%, операторов ДНГ — 9,3% случаев. Цереброваскулярные заболевания атеросклеротической природы в данных профессиональных группах выявлены соответственно у 14,8, 36,8 и 14,1% обследованных.

ЛОП-патология диагностирована у 4,3% нефтяников, в структуре которой нейросенсорная тугоухость составила 1,9%, признаки воздействия шума — 1,6%, заболевания верхних дыхательных путей — 1,1%. Наиболее часто нейросенсорная тугоухость регистрировалась у операторов ПРС, КРС (16,7%) и бурильщиков (14,8%). Признаки воздействия шума у бурильщиков обнаружены в 11,3%, операторов ПРС, КРС в 5,3% случаев. Наряду с нарушением слуха шумовой этиологии у нефтяников Западной Сибири с частотой 1,9–5,6% встречались хронические воспалительные заболевания верхних дыхательных путей.

Заболевания нервной системы диагностированы у 17,7% осмотренных. Преобладали вегетативные нарушения, в основном надсегментарного либо сегментарного уровня — 13,3%.

Обнаружена значительная распространенность патологии органа зрения (таблица 1). У работников нефтедобывающего предприятия наиболее часто встречалась пресбиопия от 15,1% до 18,8%, но пресбиопия не может рассматриваться как заболевание, являясь естественным необратимым инволюционным состоянием, следовательно, ее можно исключить из структуры заболеваемости. Из глазных болезней по частоте на первом месте находится миопия (от 11,1% до 24,3%) в изучаемых профессиональных группах. У нефтяников в подавляющем большинстве случаев наблюдается близорукость и миопический астигматизм слабых степеней, так как при профессиональном отборе лица со средней и высокой степенью миопии отсеиваются. Все вышесказанное относится к гиперметропии, гиперметропическому и смешанному астигматизму.

Повышенная распространенность в изучаемом контингенте лиц с хронической неинфекционной патологией, а также тенденция их возрастания с увеличением стажа работы в неблагоприятных условиях среди нефтяников, работающих в Западной Сибири, диктует необходимость разработки и внедрения профилактических мер, направленных не только на оптимизацию условий труда, но и на совершенствование лечебно-оздоровительных и реабилитационных мероприятий, прежде всего у лиц с риском развития профессиональных, профессионально обусловленных заболеваний.

Приоритетные направления оздоровительных мероприятий и сроки их реализации должны определяться в соответствии с установленными уровнями профессиональных рисков и степенью производственной обусловленности нарушений здоровья у нефтяников. Срочность осуществления организационно-технических мероприятий должна определяться степенью вредности условий труда, относительным риском развития хронических общесоматических заболеваний. В первую очередь должны осуществляться оздоровительные мероприятия у работников, занятых добычей нефти, классы условий труда которых соответствуют 3.2–3.4.

Комплексная программа профилактической работы должна включать следующие направления деятельности.

Гигиенические и организационно-технические мероприятия:

- гигиеническая и физиологическая рационализация технологических процессов;
- контроль за уровнем факторов рабочей среды и трудового процесса;
- определение приоритетных факторов производственной среды с оценкой профессионального риска на конкретных рабочих местах;
- применение эффективных средств индивидуальной защиты;
- информирование нефтяников о существующем профессиональном риске;
- пропаганда культуры труда и здоровья на работе, популяризация мер по охране труда.

Медико-профилактические мероприятия:

- обеспечение мониторинга и создание базы данных о здоровье нефтяников;
- изучение общей структуры заболеваемости и установление основных закономерностей в формировании нарушений состояния здоровья нефтяников;
- формирование мотивации к контролю за здоровьем;
- улучшение организации и повышение качества всех видов профилактических медицинских осмотров (предварительных и периодических на основе применения информативных и доступных методов обследования);

- повышение квалификации врачей, участвующих в периодических медицинских осмотрах, по вопросам профессиональной патологии и медицины труда;
- просветительская медико-гигиеническая деятельность по вопросам первичной профилактики хронических неинфекционных заболеваний, разработка подробных индивидуальных рекомендаций для оздоровления работников;
- проведение диспансеризации работников, занятых добычей нефти, для выявления рисков развития хронических соматических заболеваний с применением обоснованных лечебно-реабилитационных средств и методов;
- оценка медико-социальной и экономической эффективности реализации профилактического подхода к сохранению профессионального здоровья нефтяников и профилактике заболеваний.

## Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020. — 299 с.
2. Громова, Л.Е. Гигиенические и фармакологические аспекты вахтового труда на нефтепромыслах Заполярья / Л.Е. Громова, Г.Н. Дегтева, В.Д. Алексеенко. — Архангельск: Изд. центр СГМУ, 2008. — 122 с.
3. Попова, А.Ю. Стратегические приоритеты Российской Федерации в области экологии с позиций сохранения здоровья нации/ А.Ю. Попова // Здоровье населения и среда обитания. — 2014; — 2: 4–7.
4. Алексеенко, В.Д. Влияние производственных факторов на состояние здоровья работников нефтедобычи при вахтовой организации труда в Заполярье / В.Д. Алексеенко, Н.Н. Симонова, Т.Н. Зуева // Экология человека. — 2009. — № 6. — С. 47–50.
5. Петренко, К.В. Уровень здоровья человеческих ресурсов нефтегазодобывающих регионов Севера России / К.В. Петренко // Вестн. Омского ун-та. Серия «Экономика». — 2014. — № 2. — С. 137–141.

Поступила 20.09.2022

## СОСТОЯНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

*Грибок Т.А., vitebskgig@mail.ru,  
Зинкевич Л.Ф., vitebskgig@mail.ru*

Государственное учреждение «Витебский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Витебск, Республика Беларусь

Основным показателем здорового общества является состояние здоровья работников, определяющее качественный потенциал трудовых ресурсов, производительность труда, величину валового внутреннего продукта. В этой связи здоровье и безопасность на рабочем месте являются важнейшими вопросами любого государства и общества [1].

Производственная деятельность, как и любая сфера деятельности, сопряжена с наличием риска для здоровья человека. Это так называемый профессиональный риск — результат сложного комплекса взаимосвязанных факторов условий труда и трудового процесса, с одной стороны, и биологического состояния человека и его здоровья — с другой [2].

Возникновение и развитие профессиональных заболеваний этиологически связаны с воздействием вредных и опасных факторов производственной среды и являются следствием неудовлетворительных условий труда и снижения устойчивости организма к их воздействию [3].

Профилактика профессиональных заболеваний имеет особое значение, так как последние являются причиной снижения доли трудоспособного населения, ухудшения здоровья последующих поколений и роста затрат на социальную помощь.

Таким образом, анализ состояния работы по охране труда в современных условиях и на его основе определение необходимых мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда, улучшение состояния здоровья трудоспособного населения, являются весьма актуальными.

Целью данной работы явилось проведение анализа профессиональной заболеваемости в Витебской области за период с 2012 по 2021 г. по отраслям промышленности, нозологиям, этиологии, распределению по возрастным группам, полу и профессиям для последующего использования при разработке профилактических мероприятий для сохранения здоровья трудоспособного населения, при проведении оценки профессионального риска на предприятиях (организациях) области.

Для анализа профессиональной заболеваемости использованы данные карт учета профессиональных заболеваний, актов о профессиональном заболевании и ведомственной отчетности «Сведения о числе профессиональных заболеваний (случаев), впервые зарегистрированных в районе обслуживания центра гигиены и эпидемиологии» за 2012–2021 гг.

В анализируемый период в области зарегистрировано 14 случаев хронических профессиональных заболеваний, из них утрата трудоспособности установлена 5 заболевшим (36% от общего числа), без утраты трудоспособности — 8 (57%), инвалидность — 1 (7%). При этом 71,0% профессиональных заболеваний выявлен при проведении обязательных медицинских осмотров (таблица 1). Случаев острых профессиональных заболеваний в рассматриваемом периоде не зарегистрировано.

Таблица 1 — Динамика случаев хронических профессиональных заболеваний в Витебской области за период с 2012 до 2021 гг.

Профессиональные заболевания	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
С утратой трудоспособности	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Без утраты трудоспособности	2	0	0	1	1	0	2	2	0	0
Инвалидность	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Со смертельным исходом	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего случаев	3	2	1	1	1	0	2	2	1	1

Среди женщин число случаев профессиональных заболеваний более чем в 3 раза выше, чем среди мужчин: среди мужчин зарегистрировано 3 (21%) случая, среди женщин — 11 (79%).

В разрезе административных территорий области большая часть профессиональных заболеваний регистрировалась в г. Орша — 5 случаев (36%), г. Витебск — 3 (21%), Глубокском районе — 2 (14%), по одному случаю в Дубровенском, Сенненском, Ушачском районах и в г. Полоцк (7%), на остальных административных территориях случаи профессиональных заболеваний не зарегистрированы.

Анализ профессиональных заболеваний по этиологическим факторам показывает, что по причине воздействия биологического фактора возникли 50,0% заболеваний, 28,6% — от воздействия промышленных аэрозолей, 14,3% — от физических факторов, 7,1% — от химических факторов (рисунок 1).

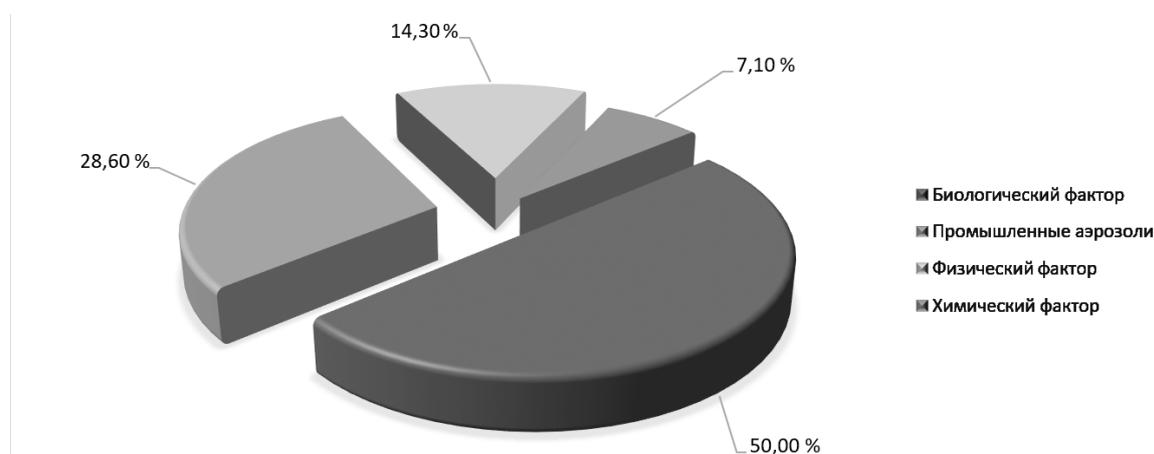
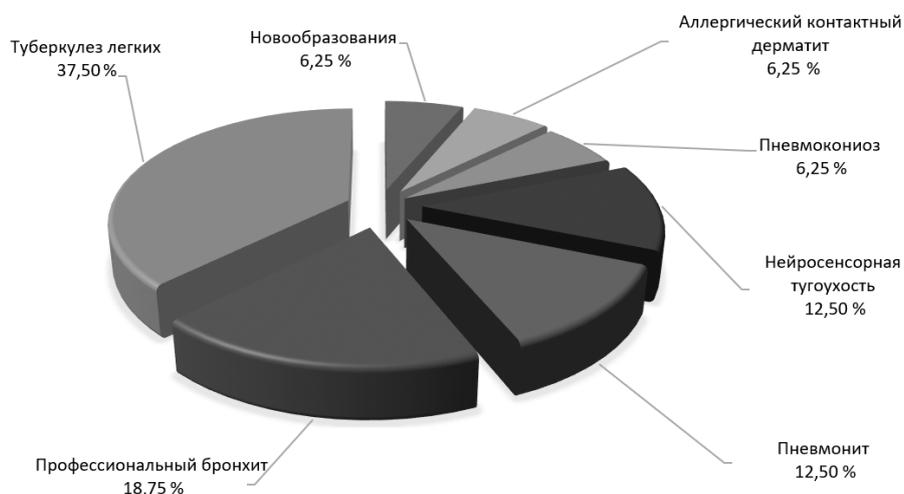


Рисунок 1 — Структура профессиональных заболеваний по этиологическому фактору

В группе промышленных аэрозолей основной причиной профессиональных заболеваний является растительная пыль (75,0%), в группе биологических факторов — инфекционный агент (микобактерия туберкулеза) (86,0%), в группе физических факторов — производственный шум (100,0%).

В нозологической структуре профзаболеваемости доминирует туберкулез легких — 6 случаев (37,50%), профессиональный бронхит — 3 случая (18,75%), нейросенсорная тугоухость и пневмонит — по 2 случая (12,50%), пневмокозиоз, аллергический контактный дерматит и новообразования — по 1 случаю (6,25%) (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Нозологическая структура хронических профессиональных заболеваний**

Анализ профзаболеваемости по профессиям показывает, что наибольшее число случаев зарегистрировано среди средних и младших медицинских работников — 5 случаев, в том числе медицинская сестра — 2 случая, фельдшер-лаборант — 2 случая, санитарка — 1 случай, по случаю среди таких профессий, как аппаратчик обработки зерна; комплектовщик; наладчик холодноштамповочного оборудования; оператор ленточного оборудования; оператор сушильного оборудования; раскладчик сырья; ткач; шлифовщик; государственный судебный медицинский эксперт.

Наибольшее число случаев профессиональных заболеваний зарегистрировано в возрастной группе от 26 до 35 лет — 4 случая (29%), по 3 случая в возрастных группах 18–25 лет, 46–55 лет и 56–65 лет (21%) и 1 случай — в 36–45 лет (таблица 2).

**Таблица 2 – Распределение пострадавших по возрастным группам за 2012–2021 гг.**

Возраст	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Всего
18–25 лет		1					1	1			3
26–35 лет	2			1						1	4
36–45 лет			1								1
46–55 лет		1						1	1		3
56–65 лет	1				1		1				3

Распределение профессиональных заболеваний в зависимости от стажа работы свидетельствует, что наибольшее число случаев приходится на стаж работы 5 лет (43%) и на стаж работы 11–15 лет (29%), 21% — на стаж работы более 25 лет, 7% — 6–10 лет (таблица 3).

**Таблица 3 – Распределение профессиональной заболеваемости в зависимости от стажа работы с вредными производственными факторами за 2012–2021 гг.**

Стаж	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Всего
0–5 лет	1	1		1			1	1		1	6
6–10 лет								1			1
11–15 лет	2		1				1				4
Более 25 лет		1			1				1		3

На промышленных предприятиях РБ профессиональные заболевания регистрировались в количестве 5 случаев (36%) на предприятиях обрабатывающей промышленности, в том числе на производстве текстильных изделий — 2 случая, производстве готовых металлических изделий — 2 случая, производстве химических продуктов — 1 случай; в организациях здравоохранения фтизиатрического профиля — 5 случаев (35,0%); в сельскохозяйственных организациях — 3 случая (21,0%): предприятия по первичной переработке льна — 2 случая, комбикормовый завод — 1 случай; в государственном управлении — 1 случай (7%): межрайонный отдел государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь.

По результатам анализа установлено, что основными причинами развития профессиональной патологии послужили: работа в условиях, не отвечающих требованиям гигиенических нормативов (отмечались превышения предельно допустимых концентраций пыли, допустимых уровней шума), конструктивные и технические причины, включая несовершенство технологий и оборудования.

Таким образом, представленные материалы позволяют сделать вывод, что проблемы сохранения здоровья работающих имеют комплексный характер и их необходимо решать при участии руководителей субъектов хозяйствования, профсоюзных организаций, учреждений здравоохранения, органов, осуществляющих государственный санитарный надзор, и могут быть использованы для обоснования необходимости разработки организационных, профилактических мероприятий неблагоприятного воздействия факторов производственной среды на здоровье работников предприятий и организаций области.

### Литература

1. Труд и здоровье населения республики Беларусь: актуальные вопросы и перспективы / С.И. Сычик [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — Вып. 31. — С. 155–163.

2. Анализ профессиональной заболеваемости медицинских работников и взрослого населения Беларуси / И.И. Новик [и др.] // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. — 2021. — № 1. — С. 43–47.

3. Зяблицын, Е.И. Профессиональная заболеваемость женщин-работниц Гродненской области за период 2007–2016 гг. / Е.И. Зяблицын, М.А. Сахарова // Сборник материалов республиканской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье и окружающая среда», посвященной 90-летию республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (Минск, 26–28 окт. 2017 г.): в 2 т. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2017. — Т. 1. — С. 134–137.

Поступила 07.10.2022

## КОРПОРАТИВНЫЕ ПРОГРАММЫ УКРЕПЛЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ: ОТ МОДЕЛЬНЫХ К АДРЕСНЫМ

<sup>1</sup> Григорьева Т.В., к.м.н., доцент, 6329845@mail.ru,

<sup>2</sup> Григорьев Н.С., nck.grigoriev@yandex.ru

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Люди трудоспособного возраста составляют половину от общемировой популяции и имеют большое значение в развитии экономической и социальной сфер жизни. От состояния здоровья работников зависит производительность труда, конкурентоспособность компаний, их экономические затраты. Ухудшение самочувствия, вызванное недостатком отдыха, тяжелыми условиями труда или болезнями, сказывается на результатах работы, а соответственно и на эффективности деятельности предприятия в целом. По этой причине государства по всему миру начали разрабатывать стандарты по охране труда и здоровья работающих. Наибольший прогресс во внедрении профилактики про-

фессиональных заболеваний и применении накопленных знаний пришел с началом организации соответствующих собраний, конгрессов и, что важнее всего, международных компаний.

В 1906 г. в Милане было основано самое первое такое общество — Международная Комиссия по медицине труда (International Commission on Occupation Health, ИСОН). Главная цель создания ИСОН заключалась в проведении международных конгрессов раз в три года для обмена идеями и опытом ученых в области гигиены труда, а также для формирования мероприятий, направленных на улучшение условий работы. Именно благодаря ИСОН начали внедрять первые профилактические программы для сотрудников на производстве.

Понимание взаимосвязи между условиями труда, здоровьем работников и экономической обстановкой привело к созданию еще одного международного учреждения в 1919 г. в Вашингтоне — Международной организации труда (далее — МОТ). В основе работы МОТ лежит Устав, преамбула которого гласит: «Всеобщий и прочный мир может быть установлен только на основе социальной справедливости...». Эта мысль проходит через все последующие декларации и конвенции. Особого успеха организация добилась за счет включения в свою работу не только членов правительств, но и работодателей и трудящихся (так называемое трехстороннее учреждение). Совместными усилиями представители МОТ пришли к установлению восьмичасового рабочего дня, законодательства по привлечению детского труда, внедрению культуры охраны труда, основанной на профилактике. Основная организация деятельности в этой сфере происходит путем информационно-просветительской работы, проведения исследований и оказания технического содействия.

В последующем был создан еще один не менее важный орган — Всемирная организация здравоохранения (далее — ВОЗ). Свое начало ВОЗ берет с подписания Устава 7 апреля 1948 г. «Право на здоровье является одним из неотъемлемых прав человека» — это основная идея, которой руководствуется ВОЗ до сих пор. Именно благодаря стремлению повсеместно обеспечить высокий уровень здравоохранения ВОЗ пришла к созданию Международной классификации болезней, противокоревой вакцины, вакцины против полиомиелита и т. д. С целью охраны здоровья работающих ВОЗ ставит следующие цели:

1. Разработать и реализовать инструменты политики в области охраны здоровья работающих.
2. Укрепить здоровье сотрудников на рабочем месте.
3. Повысить эффективность работы службы гигиены труда.
4. Включить компонент охраны здоровья работающих в политику других секторов.

Опираясь на эти принципы, в Российской Федерации на законодательном уровне стали проводить пропаганду здорового образа жизни (далее — ЗОЖ) и профилактику хронических неинфекционных заболеваний (далее — ХНИЗ), что зафиксировано в следующих нормативных актах:

— Федеральный закон Российской Федерации от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»;

— Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;

— Федеральный закон Российской Федерации от 04.12.2007 № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации»;

— Федеральный закон от 23.02.2013 № 15-ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака» и др.

Кроме того, в 2018 г. Министерством здравоохранения Российской Федерации (далее — Минздрав) был утвержден проект о внедрении корпоративных программ укрепления здоровья (далее — КПУЗ). КПУЗ входят в состав системы по охране здоровья работников. Под такими корпоративными программами подразумевается создание работодателями комплекса профилактических, социально-экономических и оздоровительных мероприятий, которые способствуют укреплению здоровья работающих, увеличивают их работоспособность, формируют благоприятный микроклимат в коллективе. Введение корпоративных программ положительно сказывается не только на здоровье, продолжительности жизни самих работников, но и на работодателях и государстве в целом. Так, основными плюсами для компаний являются сокращение затрат на оплату больничных листков, увеличение эффективности труда, формирование благоприятного микроклимата внутри организаций. В стране внедрение КПУЗ приводит к экономическому росту, сокращению компенсаций, связанных с инвалидностью, уменьшению показателя смертности.

В настоящее время в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.» в стране реализуется национальный проект «Демография», включающий в себя федеральный проект «Укрепление общественного здоровья». В рамках последнего в августе 2019 г. совместными усилиями Минздрава и ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр

терапии и профилактической медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации (далее — ФГБУ «НМИЦ ТПМ») были разработаны Модельные программы «Укрепление здоровья работающих» и библиотека КПУЗ работающих граждан. Эта библиотека включает 552 корпоративные программы от 190 компаний.

Под такими КПУЗ подразумевается создание работодателями комплекса профилактических, социально-экономических и оздоровительных мероприятий, которые способствуют укреплению здоровья работающих, увеличивают их работоспособность, формируют благоприятный микроклимат в коллективе. Все это достигается за счет увеличения приверженности ЗОЖ и поведения, снижающего риски образования профессиональных заболеваний. Важно отметить, что программы не имеют успеха при неактивном участии самих работников. Поэтому необходимо способствовать увеличению вовлеченности сотрудников в данный процесс, созданию осознанного желания и выработки стойкой воли на пути к сохранению своего здоровья.

Глобально корпоративные программы можно разделить на две большие группы — модельные и адресные. Для модельных программ характерна неспецифичность, т. е. проводятся такие мероприятия, которые в целом направлены на оздоровление коллектива и могут успешно использоваться во всех компаниях, не имея приверженности к роду деятельности. Так, например, модельная программа «Укрепление здоровья работающих» включает в себя мероприятия, направленные на профилактику потребления табака, снижение потребления алкоголя, повышение физической активности, сохранение психологического здоровья.

В свою очередь, адресные корпоративные программы основаны на показателях здоровья коллектива. Для разработки такой программы необходимо проводить особый комплекс мероприятий, который включает в себя несколько этапов:

- планирование программы;
- реализация мероприятий;
- мониторинг и оценка;
- коррекция и усовершенствование программы.

Для создания эффективной программы, которая будет отвечать запросам конкретного предприятия, на этапе планирования обязательно проводят оценку производственных факторов, показателей здоровья сотрудников, анализируют потребности специалистов (информированность, частота факторов риска) и потенциальные ресурсы для осуществления КПУЗ (оснащенность кадрами, финансовая обеспеченность). Получить необходимую информацию можно из доступных источников, например, использовать данные отдела кадров о возрастной структуре работников, временной утрате трудоспособности по заболеваниям, результаты первичных и профилактических медицинских осмотров, диспансеризации, данные охраны труда по наличию профессиональных факторов риска. Все мероприятия, включенные в КПУЗ, уже на первом этапе разработки должны основываться на заранее поставленных целях и иметь систему оценок для определения эффективности корпоративной программы.

На втором этапе проводится реализация разработанных ранее мероприятий и внедрение стратегий, направленных как на взаимодействие с работниками, так и на формирование соответствующей инфраструктуры на предприятии.

Так, в 2021 г. благодаря одному из исследований ФГБУ «НМИЦ ТПМ» был разработан специальный опросник, направленный на сбор информации о потребностях работников и предпочтениях работодателей. Такой вариант обработки данных позволяет помочь как на этапе создания целевой корпоративной программы, так и на этапе определения эффективности КПУЗ с последующим учетом возможности компании в доработке программ.

На третьей стадии осуществляется мониторинг эффективности по ранее утвержденным оцениваемым индикаторам и срокам оценки. Существует два вида индикаторов: индикаторы оценки процесса (процент вовлеченных работников программой, соответствие денежных затрат запланированному бюджету) и индикаторы оценки эффективности КПУЗ. Первый показатель необходим для определения уровня реализации программы в соответствии с планом. В свою очередь, индикаторы эффективности используются для дальнейшей корректировки и модернизации мероприятий.

По срокам оценка программы производится в три периода: краткосрочный (в момент внедрения программы), среднесрочный (1–3 года) и долгосрочный (3–5 лет). Для каждого этапа свойственен свой перечень целей, который можно достигнуть при правильно организованной программе. Непосредственно сама оценка результатов программы осуществляется по таким направлениям, как формирование условий для приверженности к ЗОЖ (например, наличие добровольного медицинского страхования, возможности заниматься физической активностью в течение дня), просветительская деятельность, достижение запланированных результатов (например, по количеству со-

трудников, отказавшихся от употребления алкоголя и табака). Последний, четвертый этап проводится с целью повышения эффективности корпоративной программы за счет улучшения и коррекции мероприятий с учетом оценки уже имеющихся результатов.

На данный момент большинство работодателей (72 %) выбирают комплексные программы оздоровления, которые чаще всего включают в себя мероприятия, направленные на снижение массы тела, отказ от курения, контроль потребления алкоголя. В рамках каждой 3-ей программы проводят обучающие тренинги. При этом только половина работодателей продумывают корпоративные программы с учетом наличия работников с уже имеющимися ХНИЗ. Такие программы преимущественно направлены на вторичную профилактику сахарного диабета, бронхиальной астмы, ишемической болезни сердца.

Управляющие крупных корпораций, с числом работников > 50 тыс. человек, по литературным данным в 80 % случаев реализуют оздоровительные программы. Предприятия, на которых трудятся 50–100 тыс. человек, только в 34 % осуществляют профилактические мероприятия. Парадокс заключается в том, что именно в небольших компаниях охват сотрудников намного больше, чем в крупных. Так, на предприятиях с количеством работников менее 1000 человек в программах укрепления здоровья участвуют до 41 % сотрудников. В компаниях с уже большим числом человек этот показатель снижается до 33 %. Но даже при таком положении дел, компании, инвестирующие средства в здоровье своих сотрудников, ежегодно экономят существенные суммы на каждого работающего, в то время как расходы компаний, не участвующих в корпоративных программах, постоянно увеличиваются.

По результатам отечественного исследования в 2021 г. среди работодателей только 53,1 % респондентов знали о существовании программ по укреплению здоровья, из которых 43,8 % непосредственно утвердили КПУЗ на своих предприятиях. Важно отметить, что, по мнению большинства работодателей, необходимой составляющей корпоративных программ должны стать мероприятия, направленные на профилактику гиподинамии, курения и мероприятия, приводящие к снижению уровня стресса. В то же время 26,9 % опрошенных работников в рамках КПУЗ хотели бы иметь возможность проводить медицинские обследования и гимнастику на рабочем месте, а также повышать уровень своего образования за счет посещения семинаров и лекций. Такое расхождение во мнениях объясняет необходимость на начальных этапах планирования программы изучать потребности и цели обеих сторон, чтобы в последующем получить положительные результаты.

После выхода в 2019 г. Федерального проекта «Укрепление общественного здоровья» многие компании стали более активно проводить мероприятия по профилактике развития ХНИЗ. В данный момент имеется достаточное количество наблюдений, свидетельствующих об эффективности внедренных КПУЗ, в том числе с финансовой точки зрения. С экономической точки зрения корпоративные программы приводят к сокращению продолжительности временной нетрудоспособности и корпоративных затрат на здравоохранение на 27 %, при этом окупаемость программы составляет приблизительно 3,6 года.

## Литература

1. *Авдеева, М.Л.* Реализация корпоративных программ ЗОЖ как вектор развития социальной ответственности компании / М.Л. Авдеева // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. — 2015. — № 23. — С. 25–29.
2. Разработка пакета инструментов планирования и внедрения корпоративных программ укрепления здоровья в организационных коллективах / А.В. Концевая [и др.] // Экология человека. — 2021. — № 7. — С. 58–64.
3. *Рыбаков, И.А.* Экономическая эффективность программ по укреплению корпоративного здоровья, а также профилактических программ на рабочем месте для сотрудников с краткосрочной временной нетрудоспособностью / И.А. Рыбаков // Биозащита и биобезопасность. — 2015. — № 1 (22). — С. 10–17.
4. Workplace Wellness Programs Study / S. Mattke [et al.] // Rand Health Q. — 2013 — Vol. 3, iss. 2. — P. 7.

Поступила 26.08.2022

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ У ВОДИТЕЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И ВОЗРАСТА

Дмитриева Е. В., *kativladi@list.ru*,  
Калинина С. А., к. б. н., *kalininas.a.82@mail.ru*,  
Меркулова А. Г., к. б. н., *anastasia.merkoulova@gmail.com*,  
Закревская А. А., *sternwanderer@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Деятельность водителя транспортных средств является разновидностью операторской деятельности, изучаемой в системе «Человек–Техника», которая является самой большой по количеству профессий и специальностей. К основным профессионально важным качествам водителя можно отнести распределение и переключение внимания, оперативную и долговременную память, точность восприятия расстояния и скорости движущихся объектов, стрессоустойчивость, оперативное мышление, а также степень склонности к риску.

Время реакции водителя является одним из наиболее важных факторов, влияющих на безопасность движения [1]. Изменение времени реакции зависит от состояния здоровья, приема определенных лекарственных препаратов, состояния наркотического и алкогольного опьянения, утомления в процессе профессиональной деятельности. Кроме того, возраст, пол и опыт вождения также влияют на время реакции [2].

Согласно статистическим данным дорожно-транспортные происшествия в большинстве случаев происходят по вине участников дорожного движения, при этом чаще всего в ДТП попадают водители со стажем вождения до 2 лет.

В настоящее время все больше женщин становятся водителями, при этом значительная часть из них начинают осваивать водительскую деятельность после сорока лет, в то время как к самому «безопасному возрасту вождения» относится период 35–45 лет. Мужчины склонны совершать более грубые нарушения правил дорожного движения, чем женщины, так как предпочитают двигаться на высоких скоростях, управляют автомобилем более резко и агрессивно, чем женщины. Женщины осторожны, не соревнуются в скорости с другими участниками движения, но при этом суетливы, что становится причиной мелких ДТП [3].

Цель исследования заключалась в выявлении различий профессионально важных качеств водителя легкового автотранспорта в зависимости от пола и возраста.

В исследовании использовались следующие методики: уровень восприятия скорости и расстояния (далее — УВСП), оценка склонности к риску, эмоциональная устойчивость, сложная двигательная реакция. Все методики входят в состав универсального психодиагностического комплекса «УПДК-МК» (АО «НЕЙРОКОМ», Россия).

В исследовании приняло участие 229 водителей, из них 107 мужчин и 122 женщины. Средний возраст мужчин составил  $36,4 \pm 4,8$  лет, женщин —  $38,2 \pm 4,6$  лет. Стаж вождения составлял 1 год.

Анализ полученных данных показал, что средний балл в группе мужчин по показателю «точность попаданий» при выполнении теста на восприятие скорости и расстояния оказался несколько выше, чем в группе женщин:  $12,9 \pm 3,6$  против  $10,8 \pm 3,0$  баллов. Различия между группами статистически значимы:  $t(227) = 4,886$ ;  $p = 0,000$ . Почти треть женщин (26,2%) получила неудовлетворительную оценку по методике УВСП, среди мужчин число неудовлетворительно выполнивших тест было почти вдвое меньше — 14,9%. Однако по критерию  $\chi^2$  статистически значимых различий между группами выявлено не было  $p > 0,05$ .

Среднее время реакции на зрительные стимулы у женщин незначительно больше, чем у мужчин:  $475,6 \pm 57,9$  и  $466,4 \pm 61,0$  мс соответственно, при этом статистически значимых различий между группами нет ( $p > 0,05$ ). Полученные результаты согласуются с литературными данными [4].

Более значимые различия в скорости реакции в зависимости от полового признака проявляются во втором задании методики УВСП, где появляется необходимость как можно быстрее и при этом безошибочно реагировать на зрительные и слуховые стимулы практически одновременно. В этот момент у женщин замедляется время реакции на появление одинаковых картинок —  $68,4 \pm 75,3$  мс, зато качество выполнения теста остается высоким. Мужчины в целом реагируют чуть быстрее и более стабильно —  $92,6 \pm 67,3$  мс,  $t(227) = -2,568$ ;  $p = 0,011$ . Возможно, в напряженной дорожной ситуации женщины с большей вероятностью, чем мужчины, снизят скорость движения, с другой стороны, чрезмерная заторможенность также может стать источником аварийных ситуаций.

При выполнении методики «Сложная двигательная реакция» проявляется аналогичная закономерность — у мужчин более выражен приоритет быстрого реагирования на зрительные стимулы, а у женщин — совершение как можно меньшего количества ошибок. Среднее значение по количеству совершённых ошибок у женщин составило  $1,5 \pm 1,3$ , у мужчин этот показатель выше —  $1,8 \pm 1,4$ . Разница во времени выполнения первого и второго задания статистически значимо различается: в группе мужчин —  $0,13 \pm 0,05$  мс и в группе женщин —  $0,16 \pm 0,06$  мс,  $t(227) = -4,751$ ;  $p = 0,000$ .

Был проведен дисперсионный анализ с учетом двух межгрупповых факторов — пола и возраста. Выявлено наличие статистически значимых различий при выполнении методики «Эмоциональная устойчивость» по показателям количества ошибок, совершённых во втором задании ( $F(1, 120) = 13,396$ ;  $p = 0,000$ ,  $\eta^2 = 0,100$ ), и разницы количества ошибок между вторым и первым заданием ( $F(1, 120) = 6,096$ ;  $p = 0,015$ ;  $\eta^2 = 0,048$ ) в зависимости от возраста только в группе женщин: в группе 30–39 лет количество ошибок равно  $2,4 \pm 2,5$ ; в группе 40–49 лет —  $1,0 \pm 0,9$ ; разница количества ошибок между вторым и первым заданием —  $1,4 \pm 1,5$  и  $0,8 \pm 0,7$  соответственно. В группе мужчин различий в данных показателях в зависимости от возраста выявлено не было ( $p > 0,05$ ).

Проведенные исследования позволили выявить, что у мужчин более выражен приоритет быстрого реагирования на зрительные стимулы, а у женщин — совершение как можно меньшего количества ошибок.

Дополнительно все водители, принявшие участие в исследовании, были разделены на две группы в зависимости от результатов по методике УВСП: группа с хорошими показателями по данной методике ( $n = 181$ ) и с плохими значениями ( $n = 48$ ). Выявлены статистически значимые различия в возрасте респондентов: средний возраст лиц с хорошими значениями составил  $36,86 \pm 4,6$ ; с плохими —  $39,1 \pm 5,1$  лет,  $t(227) = 3,029$ ;  $p = 0,003$ .

Результаты измерения показателя времени реакции по методике «Эмоциональная устойчивость» при выполнении второго задания в группе с хорошими значениями по УВСП составили  $0,7 \pm 0,3$  мс; с плохими значениями —  $0,9 \pm 0,4$ ,  $t(227) = 2,700$ ;  $p = 0,007$ . Полученные данные свидетельствуют о том, что чем более эмоционально устойчив водитель, тем меньше он совершает ошибок в профессиональной деятельности.

При выполнении методики «Сложная двигательная реакция» и оценке времени реакции водителя в ситуации принятия решения средние значения в группе с хорошими значениями по УВСП составили  $0,29 \pm 0,04$  мс; с плохими значениями —  $0,31 \pm 0,05$  мс,  $t(227) = 2,100$ ;  $p = 0,040$ . Данное исследование имеет прогностическое значение для оценки адекватности реагирования испытуемого в ситуации, требующей быстрых и точных действий в меняющейся обстановке. Разница во времени выполнения первого и второго задания по данной методике в исследуемых группах также статистически значимо различалась,  $t(227) = 4,710$ ;  $p = 0,000$ : в группе с хорошими значениями по УВСП —  $0,13 \pm 0,05$  мс; с плохими —  $0,18 \pm 0,08$  мс.

Было выделено 3 группы лиц с разной степенью склонности к риску: с нормальной степенью — 167 человек, со средней — 46, с высокой степенью риска — 16. Количество совершённых ошибок при выполнении методики «Сложная двигательная реакция» в этих группах распределились следующим образом: с нормальной степенью риска —  $1,7 \pm 1,4$ ; со средней —  $1,1 \pm 1,0$ ; с высокой —  $1,5 \pm 1,5$ ,  $T(2; 37,677) = 6,280$ ;  $p = 0,040$ . Пост-хок критерий Геймса — Хоуэлла выявил статистически значимые различия только между группами с нормальной и средней степенью склонности к риску ( $p = 0,002$ ).

Полученные в исследовании результаты позволяют сделать вывод, что определение психофизиологических качеств водителя с учетом половозрастных особенностей могут помочь более точно спрогнозировать возможность совершения ошибок во время управления транспортным средством и предотвратить их.

Результаты международных исследований свидетельствуют, что информирование неоднократно попадавших в ДТП водителей об имеющихся у них психофизиологических особенностях способствовало снижению аварийности на 60%. Зная свои недостатки, водители могли компенсировать их за счет изменения стиля вождения и повышения осторожности в конкретных дорожно-транспортных ситуациях [5]. Поэтому важно акцентировать внимание водителя на его индивидуальных особенностях как в процессе обучения в автошколах, так и при проведении профессионального отбора.

## Литература

1. Effects of driver's reaction time on safe driving / J.-E. Lu [et al.] // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. — 2014. — Vol. 14, № 2. — P. 80–86.
2. Prasolenko, O. Impact of road traffic on driver reaction time / O. Prasolenko // Municipal economy of cities. — 2020. — Vol. 6, № 159. — P. 169–172.

3. Ахмедова, Ж.А. Факторы обеспечения безопасности дорожного движения / Ж.А. Ахмедова, М.М. Рашидов // Проблемы теории и практики управления развитием социально-экономических систем: материалы XVIII Всерос. науч.-практ. конф. — Махачкала, 2021. — С. 67–70.

4. Gender differences in choice reaction time: Evidence for differential strategies / J. J. Adam [et al.] // *Ergonomics*. — 1999. — Vol. 42, № 2. — P. 327–335.

5. Авдеев, В.Ю. Исследование влияния психофизиологических параметров водителя на безопасность дорожного движения / В.Ю. Авдеев, И.Ф. Чеговец // Россия молодая: сб. материалов VII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием, Кемерово, 21–24 апр. 2015 г. — Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 2015. — С. 616.

Поступила 13.09.2022

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ

Жеглова А.В., д.м.н., профессор, drzhl@yandex.ru

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Проблема болезней костно-мышечной системы, в том числе патологии позвоночника, является одной из ведущих в медицине труда. По оценке ВОЗ, боль внизу спины, связанная с работой, занимает первое место среди болезней от профессиональных факторов риска, составляя 37 % от глобального груза болезней [1, 2].

По данным отечественных эпидемиологических исследований, 24,9 % активных обращений лиц трудоспособного возраста за амбулаторной помощью связано с болью внизу спины (далее — БНС). Различные литературные данные приводят сведения о распространенности БНС от 40 % до 80 %. Распространенность хронической боли в спине варьирует от 15 % до 45 % в различных странах. По данным отечественных публикаций, боль в спине занимает второе место по количеству дней и третье место по случаям временной нетрудоспособности среди всех классов болезней. Около 42 % пациентов, имеющих I или II группу инвалидности, страдают хроническим болевым синдромом в спине. Вертеброгенные заболевания являются одной из основных причин временной и стойкой утраты трудоспособности во многих развитых странах и приводят к экономическим убыткам на уровне 5 % валового национального продукта [3].

Основными факторами трудового процесса, вызывающими пояснично-крестцовую радикулопатию, являются: статические и динамические нагрузки на туловище, систематические длительные статические напряжения мышц, вынужденное положение туловища или конечностей, значительное физическое напряжение, связанное с вынужденным положением тела или частыми глубокими наклонами туловища во время работы, длительное сидение или стояние при неизменной рабочей позе, неудобная фиксированная рабочая поза. Также важным фактором развития компрессионно-ишемического синдрома пояснично-крестцового уровня является воздействие общей вибрации, приводящее к прямому микротравмирующему действию на позвоночник и связочный аппарат вследствие значительных аксиальных нагрузок на межпозвоночные диски, локальных перегрузок в позвоночно-двигательном сегменте и к дегенерации диска [4].

До настоящего времени дискуссионным остается вопрос о роли аномалий развития позвоночника в развитии профессиональной патологии костно-мышечной системы, в частности пояснично-крестцовой радикулопатии. Частота выявления аномалий пояснично-крестцового отдела позвоночника, по данным различных авторов, неодинакова. Тем не менее большинство исследований показали, что аномалии позвоночника способствуют возникновению дегенеративно-дистрофических изменений в межпозвоночных хрящах (по типу остеохондроза), способствуют более частому формированию компрессионно-ишемических синдромов пояснично-крестцового уровня [5].

В Институте общей и профессиональной патологии имени академика А.И. Потапова ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора проведено клинико-функциональное обследование 286 рабочих подземных и открытых разработок ведущих предприятий горнорудной промышленности. Средний возраст обследованных составил  $48,6 \pm 2,3$  года, средний стаж работы в условиях воздействия вредных производственных факторов  $21,1 \pm 1,9$  года.

Гигиенический анализ условий труда обследованных показал, что основными факторами трудового процесса являются шумовибрационные и физические нагрузки, воздействующие в процессе трудовой деятельности изолированно или в сочетании. В группе подземных проходчиков и крепильщиков ведущим является воздействие физических нагрузок — класс 3.2–3.3, в группе машинистов погрузочно-доставочных машин, бурильщиков шпуров, машинистов экскаваторов — общая вибрация, превышающая ПДУ на 6–11 дБ (класс 3.2), в группе горнорабочих очистного забоя (далее — ГРОЗ), машинистов буровых установок (станков) — сочетанное воздействие общей вибрации выше ПДУ на 4–9 дБ (класс 3.1–3.2) и физических перегрузок — класс 3.1–3.2.

Патология пояснично-крестцового отдела позвоночника была выявлена у 70,6 % обследованных, шейного отдела — у 24,8 %, грудного отдела — у 23,1 %, сочетанное поражение различных отделов позвоночника выявлено более, чем в половине случаев (51,4 %).

Клинически патология пояснично-крестцового отдела позвоночника проявлялась следующими синдромами: болевым (люмбалгия, люмбоишиалгия) — у 90,6 % обследованных; мышечно-тоническим синдромом — у 73,1 % больных; нейрососудистыми изменениями на нижних конечностях — в 43,0 %; компрессионно-ишемический синдром (радикулопатия) была выявлена у 56,6 % обследованных рабочих и только у 3 (1,1 %) пациентов была диагностирована пояснично-крестцовая радикуломиелопатия.

Особенностью обследованной группы рабочих горнорудных предприятий была высокая частота выявления различных аномалий развития пояснично-крестцового отдела позвоночника — в 28,3 % случаев: незаращение дужек позвонков — у 39 человек (48,2 % всех выявляемых аномалий), незаращение дужек в сочетании с «поперечными ребрами» — у 7 больных (8,6 %), сакрализация 5-го поясничного позвонка — у 25 обследованных (30,9 %); люмбализация 1-го крестцового позвонка — у 29 человек (35,8 %). При этом у всех обследованных с выявленными аномалиями отмечены рентгенологические признаки дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника (остеохондроз, спондилоартроз, деформирующий спондилез). Дегенеративно-дистрофические изменения позвоночника без аномалий развития отмечены у 132 обследованных (46,1 %).

Важно отметить, что в группе рабочих с выявленными аномалиями пояснично-крестцового отдела в сочетании с дегенеративно-дистрофическими изменениями в позвоночнике частота развития пояснично-крестцовой радикулопатии была существенно более высокой ( $39,5 \pm 5,2$  %) по сравнению с группой больных, в которой формирование данной патологии происходило на фоне дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике без наличия аномалий его развития ( $20,5 \pm 3,1$  %) ( $p < 0,05$ ), — это позволяет констатировать, что клинические проявления патологии пояснично-крестцового отдела значительно чаще развиваются при наличии аномалий развития позвоночника.

В рамках исследования был проведен тщательный анамнестический анализ (изучение амбулаторных карт, выписка из стационаров и других медицинских документов) с целью выявления особенностей формирования пояснично-крестцовых радикулопатий в различных профессиональных группах. При этом отмечались основные этапы формирования заболевания: начало заболевания (появление первых нестойких жалоб на боли в пояснице), повторное обострение, возникновение стойких жалоб, количество обострений, формирование симптомокомплекса пояснично-крестцовой радикулопатии.

Согласно полученным результатам появление первых жалоб на боли в поясничной области в группе проходчиков и крепильщиков (1-я группа) отмечено в среднем через 5,8 года после начала работы, повторное обострение фиксировалось по данным амбулаторных карт через 1,5 года; формирование стойкого болевого корешкового синдрома происходило в среднем через 10,7 года от начала работы; установление диагноза компрессионно-ишемического синдрома (радикулопатии) отмечалось в среднем через 15,8 года работы в неблагоприятных производственных условиях. Во 2-й группе, подвергающейся воздействию общей вибрации, первые жалобы возникали через 8,5 года, повторное обострение — через 2,2 года, проявления корешкового синдрома отмечались через 15,6 года от начала работы; пояснично-крестцовая радикулопатия диагностировалась при стаже работы 19,8 года. В группе ГРОЗ, машинистов буровых установок основным отличием было большее количество обострений в год (2–3 раза в год), а также более быстрое формирование стойкого болевого и корешкового синдромов от начала появления первых жалоб — в среднем через 3,4 года.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что темпы развития патологического процесса были выше в 1-й профессиональной группе, где ведущим фактором, оказывающим патологическое воздействие на пояснично-крестцовый отдел позвоночника, были значительные физические нагрузки, а также в группе, подвергающейся сочетанному воздействию общей вибрации

и физических перегрузок, где быстрее формировалась стойкая клиническая картина компрессионно-ишемического синдрома.

Анализ темпов формирования пояснично-крестцовой радикулопатии у обследованных в зависимости от наличия и отсутствия аномалий развития позвоночника выявил следующие особенности. В группе больных с наличием аномалий развития пояснично-крестцового отдела позвоночника первые жалобы отмечены уже через 4,7 года работы в неблагоприятных условиях труда, повторное обострение — через 6–8 месяцев, стойкий болевой корешковый синдром отмечен уже после 6,9 года работы, признаки компрессионно-ишемического синдрома (радикулопатии) — через 12,6 года, т.е. через 7,9 года после появления первых жалоб на боли в пояснице. В группе лиц, у которых развитие патологии происходило на фоне дегенеративно-дистрофических изменений в позвоночнике без врожденных аномалий, жалобы на боли в спине отмечались через 6,7 года после начала работы, повторное обострение — через 1,8 года; стойкий болевой корешковый синдром формировался через 15,6 года, а радикулопатия диагностировалась в среднем через 19,5 года от начала производственной деятельности и через 12,8 года от момента появления жалоб.

Таким образом, можно отметить, что наличие аномалий развития пояснично-крестцового отдела заметно сокращает сроки формирования и ускоряет формирование выраженной клинической картины профессионального поражения пояснично-крестцового отдела позвоночника.

В связи с этим одним из важнейших условий правильной диагностики профессиональных радикулопатий (с целью выявления аномалий развития позвоночника) является методически и технически правильное выполнение рентгенологического исследования позвоночника, которое включает в себя обзорные рентгенограммы в соответствующих проекциях (прямые, боковые и косые проекции), функциональную рентгенографию в положении сгибания и разгибания. При необходимости показано проведение компьютерной и магнитно-резонансной томографии соответствующего отдела позвоночника.

Для профессиональных заболеваний спины характерны их постепенное развитие, наличие улучшения при длительных перерывах в работе, обострение проявлений после перерывов (феномен детренированности), отсутствие травм, инфекционных и эндокринных заболеваний в анамнезе, при оценке степени тяжести и интенсивности труда выявление ведущего фактора — тяжести трудового процесса, общей вибрации, а также их сочетанного воздействия на организм работающего, наличие сопутствующих неблагоприятных факторов.

Результаты, полученные в ходе данного исследования, вызвали необходимость разработки комплекса мероприятий профилактики профессиональных радикулопатий, включающих помимо основных направлений первичной профилактики (модернизацию основных технологических процессов, соблюдение гигиенических нормативов в первую очередь тяжести трудового процесса и общей вибрации), усиление внимания к проведению предварительных медицинских осмотров, направленных на качественный профотбор в ведущие профессии горнорудной промышленности.

Аномалии развития пояснично-крестцового отдела, являющиеся факторами риска развития профессиональных радикулопатий, должны быть ограничением для приема на работы, связанные со значительными физическими нагрузками, вынужденной рабочей позой, неблагоприятным микроклиматом и воздействием общей вибрации. Для выявления лиц с возможными аномалиями развития позвоночника при предварительных медицинских осмотрах особое внимание следует уделять наличию косвенных признаков дизрафического статуса (сглаженность поясничного лордоза, гипертрихоз пояснично-крестцовой области, высокий свод стопы, синдактилия пальцев стоп и др.), при наличии показаний необходимо проведение рентгенографии пояснично-крестцового отдела позвоночника.

При проведении периодических медицинских осмотров необходимо формирование групп риска развития профессиональных радикулопатий, куда включаются лица с наличием болевого, мышечно-тонического синдромов, рентгенологических признаков дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника. Эти группы должны быть предметом пристального внимания врачей-профпатологов, цеховых врачей, для осуществления комплекса медико-профилактических мероприятий, включающих не только медикаментозные и немедикаментозные методы воздействия (лекарственная терапия, физиотерапевтические процедуры, лечебная физкультура и др.), но и создание условий для повышения приверженности рабочих к ведению здорового образа жизни (школа физической активности, мотивационные плакаты, трекеры полезных привычек, материальные и другие стимулы поощрения работников и пр.).

Результаты проведенного исследования позволят формировать программы профилактического воздействия с учетом факторов трудового процесса, а также выявленной преморбидной патологии, для более целенаправленного воздействия и повышения эффективности предлагаемых мероприятий.

## Литература

1. Бухтияров, И.В. Проблемы оздоровления условий труда, профилактики профессиональных заболеваний работников предприятий горно-металлургического комплекса / И.В. Бухтияров, А.Г. Чеботарёв, В.А. Прохоров // Горная промышленность. — 2015. — № 6 (124). — С. 14.
2. Miedema, H. S. Course, Prognosis and Management of Nonspecific Musculoskeletal Disorders [Electronic resource] / H. S. Miedema. — Mode of access: <http://hdl.handle.net/1765/93080>. — Date of access: 01.09.2022.
3. Хроническая боль в спине: клинические рекомендации [Электронный ресурс]: приняты на IV Конгрессе врачей первичного звена здравоохранения Юга России, IX Конференции врачей общей практики (семейных врачей) Юга России 7 ноября 2014 г., г. Ростов-на-Дону / И.Н. Денисов [и др.]. — Режим доступа: <https://painrussia.ru/publications/reference-materials-and-guides/hbs.pdf>. — Дата доступа: 02.09.2022.
4. Бабанов, С.А. Профессиональная хроническая пояснично-крестцовая радикулопатия / С.А. Бабанов, Н.А. Татаровская, Р.А. Бараева // Трудный пациент. — 2013. — Т. 11, № 12. — С. 23–30.
5. Профессиональная патология нервной системы у горнорабочих: монография / В.А. Кирьяков [и др.]; под ред. В.Н. Ракитского. — М.: Дашков и К°, 2015. — 222 с.

Поступила 06.09.2022

## ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ВОЛОНТЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ МАСОК

*Зеленко А.В., к.м.н., prof@rspch.by,  
Семушина Е.А., lena1967@gmail.com,  
Толкач С.Н., tolkach\_01@tut.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В условиях пандемии COVID-19 большую значимость приобрели медицинские маски (далее — маски), являющиеся основным барьером, препятствующим прямой передаче вируса. В системе мер профилактики распространения коронавирусной инфекции в человеческой популяции применение масок занимает важное место [1].

Особую актуальность применение масок имеет для медицинских работников, вынужденных соблюдать масочный режим в течение всего рабочего времени. При этом постоянное ношение маски влечет для медицинских работников целый ряд проблем, связанных с повышением содержания углекислого газа и снижением содержания кислорода в подмасочном пространстве, затруднением дыхания вследствие аэродинамического сопротивления воздуха [2].

Очевидно, что длительное ношение маски вследствие целого комплекса факторов окажет влияние на функциональное и психофизиологическое состояние медицинских работников, однако в «доковидные» времена подобные исследования не проводились.

В связи с характером профессиональной деятельности медицинских работников было проведено исследование психофизиологического состояния организма волонтеров в процессе эксплуатации масок в условиях экспериментальной ситуации.

В исследовании приняли участие 48 волонтеров — 19 мужчин и 29 женщин. Возраст волонтеров составил 30,5 (21,0–47,5) лет, у мужчин — 26,0 (21,0–50,0) лет, у женщин — 36,0 (24,0–47,0) лет.

Для экспериментальных исследований использовались маски медицинские однократного применения, тип II, зарегистрированные в Республике Беларусь в качестве изделий медицинского назначения.

Условия труда медицинских работников моделировались по уровням энерготрат, соответствующих трем категориям работ в зависимости от интенсивности энергозатрат в ккал/час: категория Iб — 21–150 ккал/час, категория IIа — 151–200 ккал/час, категория IIб — 201–250 ккал/час.

Проведено изучение психофизиологических показателей волонтеров в процессе эксплуатации масок в условиях экспериментальной ситуации в течение трех дней при моделирования условий труда по трем категориям работ — Iб, IIа, IIб. Ежедневно выполнялось три этапа исследования: до на-

чала использования маски (первый этап), через 3 и 6 часов использования маски (второй и третий этап соответственно).

Статистический анализ производился при помощи статистических пакетов «Statistica 10.0». Характер распределения определялся при помощи критерия Колмогорова — Смирнова ( $n \geq 30$ ). Признаки, не имевшие приближенно нормального распределения, описывались при помощи медианы (далее —  $Me$ ) и интерквартильного размаха — значения 25-го и 75-го перцентилей, и представлялись в виде  $Me (P_{25} - P_{75})$ . Для определения различий между несколькими независимыми выборками использовали сравнение средних рангов для всех групп (Kruskal — Wallis). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Исследование психофизиологических показателей состояния организма волонтеров проводилось с применением психодиагностической системы «Эгоскоп», являющейся новым эффективным инструментом для профессионального объективного психологического анализа и тестирования, основанного на синтезе методов инструментальной детекции лжи и оригинальной реализации проактивных психологических методик [3].

В рамках выполнения исследования наибольшее значение имели психодиагностические методики «Оценка внимания и помехоустойчивость» (далее — ОВ и ПУ) и «Красно-черные таблицы Шульте — Платонова» (далее — КЧТ) [3].

Методика ОВ и ПУ, состоящая из двух тестов: «Оценка внимания» (далее — ОВ) и «Помехоустойчивость» (далее — ПУ), предназначена для экспресс-оценки уровня активации центральной нервной системы, а также уровня помехоустойчивости на основе анализа уровня и стабильности сенсорных реакций человека в ответ на световые раздражители.

Методика КЧТ предназначена для оценки объема, переключения и распределения внимания. Методика может быть использована как для оценки потенциала работоспособности человека, так и для оценки его психофизиологического и психоэмоционального состояния. В данной методике рассчитываются такие показатели, как объем внимания, распределение внимания, переключение внимания, уровень безошибочности и интегральная эффективность деятельности.

При анализе результатов выполнения волонтерами теста ПУ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории Iб через 3 и 6 часов эксплуатации масок было выявлено значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение величин показателей «Среднее время реакции» и «Суммарное число ошибок» соответственно, что свидетельствует о снижении концентрации внимания волонтеров при появлении отвлекающих зрительных факторов, что, в свою очередь, может рассматриваться как признак утомления. При выполнении сравнительного анализа между тестами «Оценка внимания» и «Помехоустойчивость» на каждом этапе в течение дня были выявлены значимые ( $W$ ;  $p < 0,05$ ) различия по величине показателя «Среднее время реакции» с увеличением его на тесте ПУ, что может свидетельствовать о снижении уровня помехоустойчивости у волонтеров в динамике экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории Iб.

Результаты выполнения волонтерами тестов ОВ и ПУ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории Iб представлены на рисунке 1.

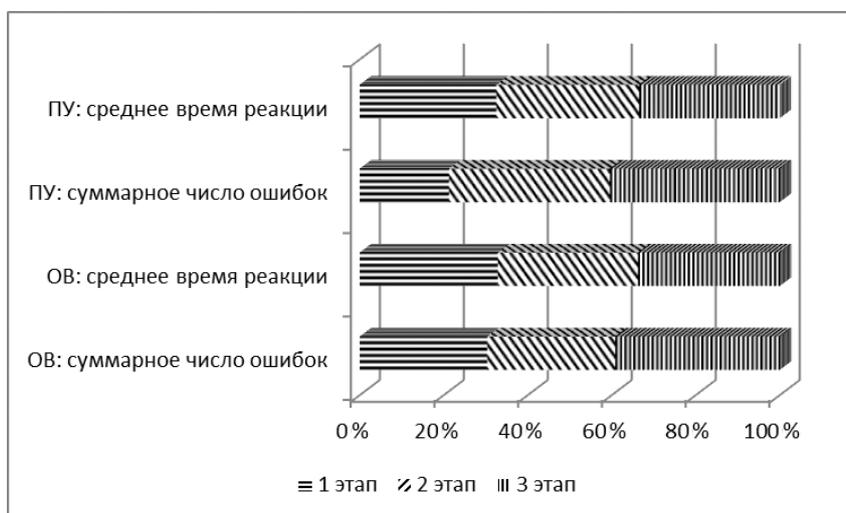
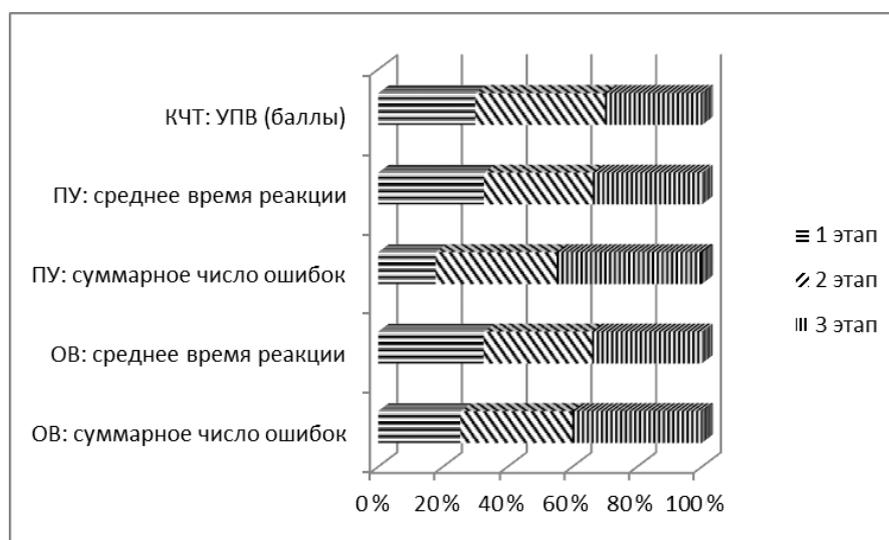


Рисунок 1 — Результаты выполнения волонтерами методики ОВ и ПУ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории Iб

Аналогичные результаты выполнения волонтерами тестов ОВ и ПУ получены в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIa: через 3 и 6 часов эксплуатации масок было выявлено значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение величин показателей «Суммарное число ошибок», «Среднее время реакции» и значимое ( $p < 0,05$ ) уменьшение величины показателя «Уровень безошибочности», что свидетельствует о снижении концентрации внимания волонтеров при появлении отвлекающих зрительных факторов и может быть признаком утомления. При выполнении сравнительного анализа между тестами ОВ и ПУ на каждом этапе в течение дня были выявлены значимые ( $W$ ;  $p < 0,05$ ) различия по величине показателя «Среднее время реакции» с увеличением его на тесте ПУ, что может свидетельствовать о снижении уровня помехоустойчивости у волонтеров в динамике экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIa. При анализе результатов выполнения волонтерами методики КЧТ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIa через 3 часа эксплуатации масок было выявлено значимое ( $p < 0,05$ ) уменьшение величины показателя «Количество ошибок» и значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение значения показателя «Уровень переключаемости внимания» (далее — УПВ) в баллах, что может быть связано как с появлением элемента тренированности в выполнении данного задания, так и с улучшением распределения внимания по всему визуальному полю.

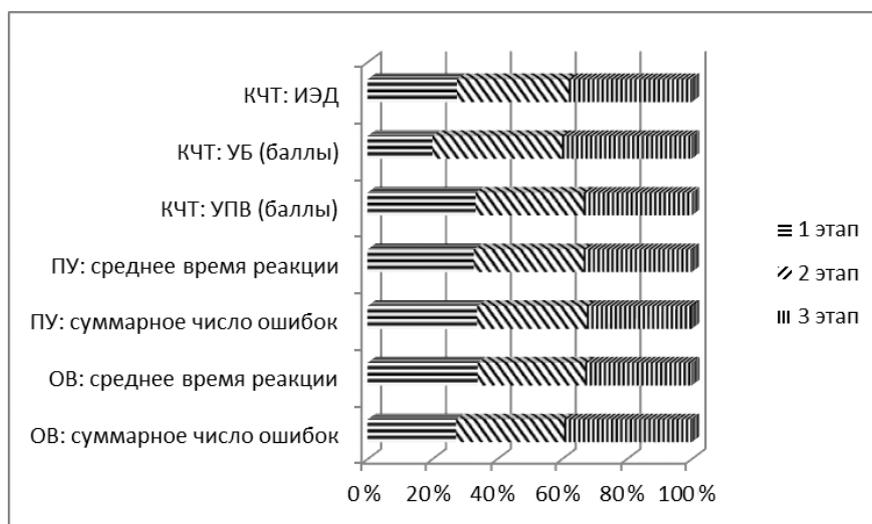
Результаты выполнения волонтерами методик ОВ и ПУ и КЧТ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIa представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 — Результаты выполнения волонтерами методик ОВ и ПУ и КЧТ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIa**

При анализе результатов выполнения волонтерами теста ПУ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIb через 3 часа эксплуатации масок было выявлено значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение величины показателя «Среднее время реакции», что также свидетельствует о снижении концентрации внимания волонтеров при появлении отвлекающих зрительных факторов и может быть признаком утомления. При выполнении сравнительного анализа между тестами ОВ и ПУ на каждом этапе в течение дня были выявлены значимые ( $W$ ;  $p < 0,05$ ) различия по величине показателя «Среднее время реакции» с увеличением его на тесте ПУ, что может свидетельствовать о снижении уровня помехоустойчивости у волонтеров в динамике экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIb. При анализе результатов выполнения волонтерами методики КЧТ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIb через 3 и 6 часов эксплуатации масок было выявлено значимое ( $p < 0,05$ ) уменьшение величины показателей «Длительность этапа», «Среднее время поиска» и «Количество ошибок» на этапе «Черные таблицы Шульте — Платонова» и «Количество ошибок» на этапе «Красные таблицы Шульте — Платонова», а также значимое ( $p < 0,05$ ) уменьшение величины показателей «Уровень переключаемости внимания» и «Уровень безошибочности» (далее — УБ), характеризующих свойства внимания, и увеличение показателя «Интегральная эффективность деятельности» (далее — ИЭД). Полученные результаты свидетельствуют о повышении эффективности деятельности волонтеров в экспериментальной ситуации, что может быть связано как с появлением элемента тренированности в выполнении данного задания, так и с улучшением распределения внимания по всему визуальному полю [4].

Результаты выполнения волонтерами методик ОВ и ПУ и КЧТ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIб представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3 — Результаты выполнения волонтерами методик ОВ и ПУ и КЧТ в экспериментальной ситуации моделирования условий труда категории IIб**

Для оценки влияния интенсивности нагрузки на изменение показателей свойств внимания был выполнен сравнительный анализ результатов выполнения волонтерами методик ОВ и ПУ и КЧТ в экспериментальной ситуации в зависимости от уровня энергозатрат: значимые ( $W$ ;  $p=0,0316$ ) различия были выявлены по величине показателя УПВ между категориями IIа и IIб (0,82 (0,61; 1,15) и 0,97 (0,73; 1,37) соответственно), что свидетельствует о снижении переключаемости внимания с увеличением уровня энергозатрат.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. В экспериментальной ситуации при моделировании условий труда по категориям работ IIб, IIа, IIб через 3 часа эксплуатации масок у волонтеров наблюдалось снижение концентрации внимания при появлении отвлекающих зрительных факторов и снижение уровня помехоустойчивости, что может быть признаком утомления.

2. В экспериментальной ситуации при переходе от категории работ IIа к работам категории IIб (что сопровождалось увеличением энергозатрат) у волонтеров выявлено снижение переключаемости внимания.

3. В экспериментальной ситуации при моделировании условий труда по категориям работ IIа и IIб через 3 и 6 часов эксплуатации масок выявлено повышение эффективности деятельности волонтеров, что может быть связано с появлением элемента тренированности в выполнении задания.

Таким образом, в экспериментальной ситуации при эксплуатации медицинских масок у волонтеров появление признаков утомления в виде снижения концентрации внимания и уровня помехоустойчивости зависит от длительности использования масок, а снижение переключаемости внимания — от уровня энергозатрат.

## Литература

1. Профилактика, выявление и ведение случаев инфекции среди медицинских работников в контексте COVID-19: временные рекомендации [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения. — Режим доступа: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/336265/WHO-2019-nCoV-HW\\_infection-2020.1-rus.pdf?sequence=18](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/336265/WHO-2019-nCoV-HW_infection-2020.1-rus.pdf?sequence=18). — Дата доступа: 15.09.2022.
2. *Matuschek, C.* Face masks: benefits and risks during the COVID-19 crisis / *C. Matuschek [et al.]* // *European Journal of Medical Research*. — 2020. — P. 25–32.
3. Объективный психологический анализ и тестирование «Эгоскоп»: руководство пользователя. — Таганрог: Медиком МТД, 2017. — 158 с.
4. *Зайнулин, М. Н.* Содержание понятий концентрации и деконцентрации внимания в спорте / *М. Н. Зайнулин* // *Экстремальная деятельность*. — 2016. — № 1 (38). — С. 34–36.

Поступила 06.09.2022

## ПРОБЛЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА И ВОЗДУШНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

<sup>1</sup>Капцов В. А., д. м. н., профессор, чл.-к. РАН, [kapcovva39@mail.ru](mailto:kapcovva39@mail.ru),

<sup>1</sup>Панкова В. Б., д. м. н., профессор, [pankova@vniijg.ru](mailto:pankova@vniijg.ru),

<sup>2</sup>Чиркин А. В., [alexandr.chir@yandex.ru](mailto:alexandr.chir@yandex.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Бета ПРО», г. Москва, Россия

По данным [1], в 2020 г. более 277 тыс. белорусских работников подвергались чрезмерному воздействию производственного шума, 60 тыс. — воздействию аэрозолей и 27 тыс. — токсичных газообразных веществ. Для этих людей последним методом сохранения жизни и здоровья было использование средств индивидуальной защиты органа слуха (далее — СИЗОС) и органов дыхания (далее — СИЗОД), как и в Российской Федерации (далее — РФ). Однако есть признаки того, что использование этих СИЗ не всегда позволяет надежно защитить людей. Так, обзор<sup>1</sup> показал, что использование СИЗОД позволяет устранить чрезмерное воздействие воздушных загрязнений и предотвратить профессиональные заболевания исключительно редко; а среди регистрируемой в РФ части профессиональных заболеваний нейросенсорная тугоухость стабильно занимает первое место. Ниже рассмотрена часть причин, ухудшающих профилактический эффект при использовании этих СИЗ.

*Неприменение СИЗОС при воздействии шума.* Работники обязаны использовать выданные им СИЗ, но на практике это происходит не всегда. По данным [2] обзор публикаций показал, что в разных странах мира СИЗОС могут использовать от 92 до 3 % от времени пребывания в шумной обстановке. Так как уровень шума измеряют с помощью логарифмической шкалы и двукратному изменению дозы соответствует изменение уровня на 3 дБ, даже непродолжительное неприменение СИЗОС приводит к такому сильному воздействию, которое невозможно компенсировать сокращением времени работы в шумных условиях (защитой временем). Например, работа без СИЗОС 5 минут при уровне шума 104 дБА эквивалентна работе в течение 10 часов при уровне 83 дБА. СИЗ органа слуха могут не использоваться по разным причинам.

*Дискомфорт.* Этот термин часто используют в англоязычной литературе и проводят исследования для его детального изучения. Уже в 1972 г. работодателей в США обязали не выдавать рабочим СИЗОС, а позволять им самим выбрать удобную модель из нескольких; изготовители выпускают вкладыши разного размера. Но и это не помогает: значительная доля рабочих не использует СИЗОС [2]. В постсоветских странах исследований, затрагивавших дискомфорт при применении СИЗОС, очень мало, вкладышей разного размера в продаже немного, и работодатель выдает работникам те СИЗОС, которые приобрел (законы лишь требуют, чтобы они были сертифицированы). В результате причин для неприменения СИЗОС становится больше. Например, при установке вкладыша большого (универсального) размера в маленький слуховой канал мягкие ткани могут сильно сдавливаться, что причиняет непереносимую боль, а не «дискомфорт», и не позволяет использовать их длительное время.

*Недостаток акустической информации.* Часть работников не может нормально выполнять свою работу, не слыша других рабочих, шум оборудования, сигналы и звуки, предупреждающие об опасности. В некоторых случаях эту проблему можно решить или хотя бы смягчить, используя СИЗОС с электронными компонентами (пропускающими тихие звуки и ослабляющими громкие; с переговорными устройствами). Но требований закона и конкретных рекомендаций специалистов, позволяющих избежать ошибок при выборе СИЗОС, нет; большинство авторов учебных пособий лишь цитируют требования законодательства к обеспечению рабочих сертифицированными СИЗ.

*Несоответствие СИЗОС условиям труда по ослаблению шума.* При своевременном использовании СИЗОС ослабление шума зависит от конструктивных особенностей изделия и от того, насколько плотно оно перекрывает воздушный путь распространения звуков. Последнее зависит и от соответствия модели СИЗОС анатомическим особенностям работника, и от его навыков аккуратно вставлять вкладыши (или надевать наушники). На практике у значительной части рабочих ослабление нередко может снижаться почти до нуля; а плохая защита становится дополнительной причиной для отказа от использования СИЗОС. Например, при использовании работниками 4 моделей вкла-

<sup>1</sup> Капцов и др. <https://doi.org/10.36946/0869-7922-2018-2>.

дышей 3М (ослабление шума 22–25 дБ при сертификации) фактическое ослабление было от 35 до 0 дБ. Поэтому в последние годы в развитых странах начали широко использовать системы производственного контроля эффективности СИЗОС (*Field Attenuation Estimation Systems* (далее — FAES)). Они позволяют измерять ослабление шума у конкретного сочетания рабочих — СИЗОС прямо на предприятиях. Это помогает устранить ошибки при первоначальном выборе модели СИЗОС и проконтролировать качество обучения работника. Разработан стандарт с требованиями к качеству таких систем (*ANSI S12.71–2018*), и в ряде стран планируют изменить законы так, чтобы их применяли все работодатели. Помехой к использованию FAES становится их высокая стоимость (например, до 3 тыс. долларов США). К сожалению, в СНГ значительная часть научных работников и специалистов по охране и гигиене труда недостаточно хорошо представляют себе то, насколько разнообразное ослабление шума у одной и той же модели СИЗОС при ее своевременном использовании на рабочих местах разными работниками.

В Канаде при уровне шума > 100 дБА работники должны использовать два вида СИЗОС одновременно, наушники и вкладыши; аналогичные рекомендации приведены в [2]. В РФ производители рекомендуют использовать один вид СИЗОС при значительно большем уровне шума и без проверки фактического ослабления шума у конкретного работника.

*Негативное влияние СИЗОД на работников.* СИЗОД предназначены для снижения ингаляционного поступления вредных веществ в организм; но они сами оказывают негативное воздействие на работника в степени, которая может помешать их применению. Например, для защиты органов дыхания наиболее часто используют респираторы и противогазы, у которых нет принудительной подачи воздуха в лицевую часть. Для того чтобы негативное влияние этих средств защиты на работников не было чрезмерным, их сертифицируют, проверяя, соответствуют ли их свойства (уменьшение поля зрения, сопротивление дыханию, газовый состав вдыхаемого воздуха и другие) требованиям Технического Регламента Таможенного Союза ТР ТС 019/2011. Но не всё так просто и однозначно. Например, при выдохе подмасочное пространство заполняется альвеолярным воздухом с высокой концентрацией углекислого газа. Затем при вдохе этот воздух поступает в органы дыхания, разбавляясь поступившим извне (с нормальным содержанием кислорода и CO<sub>2</sub>). При среднесменной и максимально разовой предельно допустимых концентрациях CO<sub>2</sub> (по объему) ~ 0,5 и 1,5 % требования ТР ТС 019/2011 допускают сертификацию СИЗОД при концентрации 1 %. Но методика замеров такова, что можно успешно сертифицировать практически любую модель. Концентрация углекислого газа во вдыхаемом воздухе измеряется с помощью дыхательной машины, отрегулированной на объем вдоха 2 л, что соответствует очень тяжелой работе, встречается на практике нечасто — но приводит к сильному разбавлению подмасочного воздуха нормальным. При типичном объеме подмасочного пространства у полумаски (или подмасочника у полнолицевой маски) 0,2 л концентрации CO<sub>2</sub> в альвеолярном воздухе 5 % и объеме вдоха 2 л средняя концентрация углекислого газа во вдыхаемом воздухе будет 0,5 %. В результате при маленьком объеме вдоха работники могут подвергаться воздействию CO<sub>2</sub> при концентрации вдвое большей, чем максимально разовая ПДК, но об этом потребителя не предупреждают<sup>1</sup>.

*Выбор заведомо неэффективных СИЗОД.* Для описания способности СИЗОД уменьшать воздействие воздушных загрязнений может использоваться термин «коэффициент защиты» (далее — КЗ): отношение средних концентраций загрязнений в окружающем и во вдыхаемом воздухе. Во второй половине прошлого века начали проводить измерения коэффициентов защиты не только в лабораторных условиях, но и на рабочих местах. Оказалось, что у тех СИЗОД, у которых во время вдоха давление в маске ниже атмосферного, происходит просачивание неочищенного воздуха в маску через зазоры между ней и лицом, и КЗ на практике в десятки раз меньше, чем в лабораториях. Зазоры образуются из-за несоответствия маски лицу работника по форме и/или размеру, неумения ее аккуратно надевать и из-за сползания маски во время работы, при выполнении разнообразных движений. Это просачивание могло иногда достигать 40 % от вдыхаемого воздуха у полумасок и 9 % у масок противогазов с панорамным стеклом. Проанализировав результаты десятков исследований СИЗОД разных типов, специалисты (западные) пришли к выводу о недопустимости использования результатов лабораторных замеров для прогнозирования эффективности СИЗОД у работников, т. е. для их выбора для известных условий труда. На основе статистического анализа замеров именно на рабочих местах были разработаны границы допустимого применения для СИЗОД всех типов [4].

---

<sup>1</sup> Длительное ежедневное использование фильтрующих полумасок врачами в 2003 г. привело к тому, что 1/3 страдала от головных болей, а часть заболела из-за использования респираторов. Авторы [3] так и не сумели установить точную причину, хотя использовался тип СИЗОД, у которого воздействие CO<sub>2</sub> на работника наибольшее, и врачи обычно выполняют легкую физическую работу — когда разбавление подмасочного воздуха окружающим минимально.

Замеры коэффициентов защиты СИЗОД на рабочих местах проводились и в СССР, но не систематично; а случаи, когда эффективность оказывалась очень низкой, не привлекали должного внимания. В результате сейчас во многих странах СНГ нет никаких конкретных ограничений области допустимого применения СИЗОД, и потребители используют или данные поставщиков (которые упорно «путают» защитные свойства в лабораторных и реальных условиях), или другие рекомендации, которые, по традиции, могут завышать защитные свойства на порядки. Выдача работникам респираторов, оказывающих негативное влияние на рабочих и порой очевидно плохо защищающих (например — мокрота после смены, имеющая цвет пыли), сильно демотивирует использовать СИЗОД вовремя.

*Замена противогазных фильтров* [5]. Во второй половине прошлого века выяснилось, что реакция органов чувств на повышение концентрации токсичных веществ в маске не позволяет своевременно заменять противогазные фильтры, по крайней мере, части работников<sup>1</sup>. Часть газов не имеет запаха и других «предупреждающих свойств» (раздражение, привкус) при опасной концентрации, а часть рабочих не способна обнаружить присутствие газов из-за низкой чувствительности, появившейся из-за привыкания (адаптации), или из-за индивидуальных особенностей организма<sup>2</sup>. Это поставило перед специалистами два вопроса: как долго можно использовать фильтры непрерывно и когда их можно использовать неоднократно? В настоящее время первую задачу решили удовлетворительно; разработано программное обеспечение, позволяющее вычислять срок службы фильтров в конкретных условиях их применения (учитывая химический состав и концентрации газов, температуру и влажность воздуха, свойства фильтра и сорбента, потребление воздуха работником). К сожалению, при повышенной влажности воздуха и защите от газов, не смешивающихся с водой, математическая модель может не учитывать резкое и многократное снижение срока службы и может сильно его завысить. В таких случаях необходимо измерить срок службы экспериментально (но не все работодатели могут это сделать). Затем составляют расписание замены фильтров.

Возможность неоднократного использования фильтров изучена хуже. При первом использовании фильтр накапливает токсичные вещества. За время хранения они могут десорбироваться и переместиться к отверстию для выхода очищенного воздуха, и при повторном использовании уже при первом вдохе воздух будет загрязнен токсичными веществами при опасной концентрации. Десорбция зависит от сочетания множества факторов — свойств фильтра, газов, срока и условий хранения; при защите от смеси газов возможно вытеснение одного вещества другим из сорбента в воздух. Огромное многообразие возможных ситуаций мешает их полноценному изучению и созданию научной базы для разработки требований к работодателю.

В целом во всех развитых странах работодателям запрещено использовать реакцию органов чувств работника для замены противогазных фильтров. Они должны оценить срок службы в ожидаемых наихудших условиях применения и заменять его по расписанию. Повторное использование фильтров может допускаться, но лишь тогда, когда работодатель покажет, что это не представляет опасности (например — на основании справки от изготовителя фильтров, полученной для конкретных условий их использования). Также разрешается использовать устанавливаемые на СИЗОД датчики (*End of Service Life Indicator* (далее — ESLI)). К сожалению, разработчики СИЗОД игнорируют прогресс в этой области: уже много лет на рынке есть множество датчиков, но в продаже практически нет фильтров с ESLI и вовсе нет фильтров, конструкция которых позволяет устанавливать в них датчики.

В СССР изучению СИЗ уделялось мало внимания, так как стремились улучшить условия труда, что является более надежным способом защиты работников. Затем они стали «недорогим, но эффективным» средством защиты, в том числе из-за недостатка информации и о них самих, и об их реальном влиянии на заболеваемость. Дополнительными факторами, повлиявшим на их широкое распространение (в РФ) стали эффективное лоббирование интересов поставщиков и производителей «Ассоциацией СИЗ» и нежелание значительной части работодателей тратить силы, время, средства и внимание на создание безопасных и гигиеничных условий труда.

Изучение СИЗОД и СИЗОС в развитых странах привело к тому, что там были разработаны требования к их качеству, которые выполняет изготовитель; а также требования к их выбору и применению, которые выполняет работодатель. В конце 1990-х гг. разработка гармонизированных ГОСТов началась и в РФ, но все они охватили лишь требования к качеству СИЗ (чтобы их сертифицировать

<sup>1</sup> Капцов и др. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-8-497-502>.

<sup>2</sup> Необходимо учесть, что при проведении предварительных и периодических медосмотров способность работника обнаруживать присутствие токсичных веществ в воздухе не проверяется; и что значительное снижение чувствительности органа обоняния из-за привыкания к токсичному газу может не сопровождаться снижением чувствительности к остальным запахам (рабочий может ошибочно считать, что у него нормальная чувствительность ко всем запахам).

и продавать), а о существовании требований к их выбору и использованию даже не вспоминали. Позднее ОАО «Корпорация „Росхимзащита“» разработало ГОСТ 12.4.299–2015 (ГОСТ Р 12.4.279–2012), как декларировалось, гармонизированный с EN 529. Авторы ГОСТа при переводе убрали из текста все те места, которые не согласуются со сложившейся порочной практикой продаж и применения СИЗОД, порой заменив текст EN на прямо противоположный по содержанию<sup>1</sup>. Отличия затронули ряд ключевых моментов и повысили риск выдачи работникам заведомо неэффективных СИЗОД, запоздалой замены фильтров. Аналогично разработан проект требований к выбору и использованию СИЗОС (ГОСТ EN 458). Документ предназначен «для выбора» СИЗОС работодателем, однако в нем же указано, что описанные методы выбора «не позволяют оценить ослабление шума у конкретного работника» из-за «вариабельности». По сути документ советует прогнозировать ослабление шума на рабочих местах с помощью результатов лабораторных (сертификационных) испытаний без какой-то коррекции. Это совершенно не согласуется ни с современным уровнем науки, ни с лучшей практикой развитых стран. Системы производственного контроля, которые считают на Западе самым перспективным средством повышения эффективности СИЗОС, упомянуты в EN 458 в одном из приложений; но разработчик «гармонизированного» ГОСТа удалил и это упоминание.

В целом выдача рабочим СИЗ органа слуха и органов дыхания не может рассматриваться как альтернатива созданию безопасных и гигиеничных условий труда. С другой стороны, даже в развитых странах не удастся полностью устранить чрезмерное воздействие воздушных загрязнений и шума на работников, полностью избежать применения СИЗ. Описанные выше проблемы показывают, что именно может способствовать развитию профессиональных заболеваний и острых отравлений и в каких направлениях может вестись работа по улучшению индивидуальной защиты от промышленного шума и воздушных загрязнений.

### Литература

1. Республика Беларусь. Статистический ежегодник 2021 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. — Минск, 2021. — 407 с.
2. The Noise Manual / eds.: D.K. Meinke [et al.]. — 6th ed. — Falls Church, Virginia: American Industrial Hygiene Association, 2022. — 599 p.
3. Headaches and the N95 face-mask amongst healthcare providers / E.C. Lim [et al.] // Acta Neurologica Scandinavica. — 2006. — Vol. 113, № 3. — P. 199–202.
4. Капцов, В.А. Выбор работодателем средств индивидуальной защиты органов дыхания в зависимости от результатов их испытаний на рабочих местах (обзор) / В.А. Капцов, А.В. Чиркин // Гигиена и санитария. — 2019. — Т. 98, № 8. — С. 845–850.
5. Капцов, В.А. Замена противогазных фильтров СИЗОД (лекция) [Электронный ресурс] / В.А. Капцов, А.В. Чиркин. — Режим доступа: [https://ru.wikibooks.org/wiki/ Замена\\_противогазных\\_фильтров\\_СИЗОД\\_\(лекция\)](https://ru.wikibooks.org/wiki/Замена_противогазных_фильтров_СИЗОД_(лекция)). — Дата доступа: 05.09.2022.

Поступила 12.09.2022

## ОЦЕНКА КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ МАРКЕРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА У МАШИНИСТОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ГУП «МОСКОВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН»

<sup>1,2</sup>Карпушина А.В., [an.karpushina@yandex.ru](mailto:an.karpushina@yandex.ru),

<sup>1,2</sup>Хотулева А.Г., к.м.н., [hotuleva\\_an@mail.ru](mailto:hotuleva_an@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

Ведущей причиной смертности как в России, так и во всем мире являются заболевания сердечно-сосудистой системы. Ежегодно от болезней сердца умирает более 17 млн человек. Наиболее значимые

<sup>1</sup> Кириллов и др. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-respiratornoy-zaschite-rabotnikov>.

социально-экономические потери среди работающего населения также обусловлены сердечно-сосудистыми заболеваниями, которые являются причиной не менее 25 % случаев нетрудоспособности и 50 % всех смертей.

Заболевания системы кровообращения — это мультифакториальная и полигенная патология со сложным характером взаимодействия генетических факторов с факторами, связанными с образом жизни, окружающей средой и трудовым процессом. Поэтому на сегодняшний день является актуальной проблема модернизации и оптимизации профилактических мероприятий у работников с учетом вредных факторов производственной среды и трудового процесса.

Московский метрополитен по праву можно назвать ключевым объектом городской транспортной системы, каждый день его используют более 7 млн человек. С 2011 г. открыто 69 новых станций метро (100 станций с МЦК) и до конца 2024 г. будет построено еще 27 станций. Для выполнения работ по эксплуатации метрополитена задействована 61 тыс. сотрудников, из которых более 4 тыс. являются машинистами электропоездов.

Работа машиниста связана с наличием вредных производственных факторов, таких как шум, инфразвук, общая и локальная вибрация, параметры микроклимата, тяжесть и напряженность трудового процесса. Эти вредные производственные факторы, действующие на человека на рабочем месте, вносят существенный вклад в развитие и прогрессирование сердечно-сосудистых заболеваний, которые могут явиться причиной профнепригодности и потери трудоспособности.

Целью исследования являлась оценка клинико-лабораторных маркеров сердечно-сосудистого риска у машинистов электропоездов Московского метрополитена.

В исследование включены 425 мужчин, машинистов электропоездов Московского метрополитена, в возрасте от 40 до 59 лет со стажем работы от 5 лет. Критерием невключения в исследование являлось наличие сахарного диабета, ожирения III степени, злокачественных новообразований и острого воспалительного процесса. По результатам специальной оценки условий труда по совокупности вредных производственных факторов машинистам присваивается подкласс условий труда 3.1. Обследованным лицам при проведении периодических медицинских осмотров проведено измерение антропометрических показателей (рост, вес) с расчетом индекса массы тела (далее — ИМТ). Клинико-лабораторное обследование включало определение в рамках периодических медицинских осмотров уровня холестерина (далее — ХС) и глюкозы, а также дополнительное исследование уровней холестерина липопротеинов высокой плотности (далее — ХС-ЛПВП), холестерина липопротеинов низкой плотности (далее — ХС-ЛПНП), триглицеридов (далее — ТГ), гликозилированного гемоглобина (далее — HbA1c), высокочувствительного С-реактивного белка (далее — вчСРБ), выполненные на автоматическом биохимическом анализаторе Konelab 30i. Дополнительно проведен расчет холестерина не-ЛПВП (Общий холестерин — ХС-ЛПВП), индекса атерогенности (далее — ИА) по формуле (1), предложенной Климовым А. Н.:

$$\text{ИА} = \frac{\text{Общий холестерин} - \text{ХС-ЛПВП}}{\text{ХС-ЛПВП}}. \quad (1)$$

Проведена оценка риска развития фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых событий по шкале SCORE2 (учитываются возраст, пол, статус курения, уровень систолического артериального давления и холестерин не-ЛПВП).

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы Statistica 10.0. Результаты количественных данных представлены в виде Me (Q1; Q3), где Me — медиана; Q1 нижний квартиль (25% процентиль); Q3 — верхний квартиль (75% процентиль). Анализ различий между группами по количественным признакам проводили с применением критерия Крускала — Уоллиса. Анализ различий между группами по качественным признакам проводили с использованием таблицы сопряженности и вычислением критерия  $\chi^2$ . Для анализа зависимостей между переменными применялся корреляционный анализ, который проводили с использованием коэффициента корреляции Спирмена ( $r$  — коэффициент корреляции).

Проведен анализ распределения клинико-лабораторных показателей, характеризующих наличие ожирения (ИМТ), состояние углеводного (глюкоза, HbA1c) и липидного обменов (холестерин, ХС-ЛПВП, ХС-ЛПНП, ТГ, ИА) и активность воспалительного процесса (вчСРБ), также произведен расчет сердечно-сосудистого риска по шкале SCORE2 у машинистов электропоезда различных возрастных групп. Проведен статистический анализ различий по изученным показателям между смежными возрастными группами (таблица 1).

Таблица 1 — Распределение обследованных лиц различных возрастных групп по исследованным клинико-лабораторным показателям

Показатели	Значения	40–44 лет, n (%)	45–49 лет, n (%)	50–54 лет, n (%)	55–59 лет, n (%)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	до 24,9	34 (30,6%)	33 (20,6%)	27 (26,5%)	17 (32,1%)
	25,0–29,9	54 (49,4%)	85 (52,9%)	51 (50,0%)	27 (50,9%)
	30,0–34,9	17 (15,3%)	35 (21,9%)	19 (18,6%)	8 (15,1%)
	35,0–39,9	5 (4,7%)	7 (4,5%)	5 (4,9%)	1 (1,9%)
Глюкоза, ммоль/л	< 6,1	105 (95,5%)	141 (88,1%)	89 (87,3%)	42 (79,2%)*
	≥ 6,1 < 7,0	4 (3,6%)	16 (10,0%)	11 (10,8%)	10 (18,9%)*
	≥ 7,0	1 (0,9%)	3 (1,9%)	2 (2,0%)	1 (1,9%)
HbA1c, %	< 5,8	95 (86,36%)	141 (88,13%)	94 (92,16%)	45 (84,91%)
	5,8–6,5	15 (13,64%)	19 (11,88%)	8 (7,84%)	8 (15,09%)
ХС, ммоль/л	< 5,2	59 (53,6%)	76 (47,5%)	36 (35,3%)	28 (52,8%)*
	> 5,2 ≤ 6,2	42 (38,2%)	53 (33,1%)	43 (42,2%)	16 (30,2%)*
	> 6,2	9 (8,2%)	31 (19,4%)	23 (22,5%)	9 (17,0%)
ТГ, ммоль/л	< 1,7	73 (66,4%)	93 (58,1%)	61 (59,8%)	32 (60,4%)
	1,7–2,2	15 (13,6%)	25 (15,6%)	14 (13,7%)	9 (17,0%)
	> 2,2	22 (20,0%)	42 (26,3%)	27 (26,5%)	12 (22,6%)
ЛПВП, ммоль/л	< 1,0	27 (24,5%)	28 (17,5%)	19 (18,6%)	8 (15,1%)
	1,0–1,2	27 (24,5%)	49 (30,6%)	3 (29,4%)	18 (34,0%)
	> 1,2	56 (50,9%)	83 (51,9%)	53 (52,0%)	27 (50,9%)
ЛПНП, ммоль/л	< 3	22 (20,0%)	30 (18,8%)	13 (12,7%)	9 (17,0%)
	3–4	58 (52,7%)	65 (40,6%)	41 (40,2%)	25 (47,2%)
	> 4	30 (27,3%)	65 (40,6%)	48 (47,1%)	19 (35,8%)
ИА, усл. ед.	< 3	47 (42,7%)	57 (35,6%)	26 (25,5%)	17 (32,1%)
	3–4	37 (33,6%)	56 (35,0%)	44 (43,1%)	25 (47,2%)
	> 4	26 (23,6%)	47 (29,4%)	32 (31,4%)	11 (20,8%)
не-ЛПВП, ммоль/л	≤ 3,9	65 (59,1%)**	70 (43,8%)*	34 (33,3%)	21 (39,6%)*
	4–4,9	37 (33,6%)	53 (33,1%)*	45 (44,1%)	23 (43,4%)
	5–5,9	6 (5,5%)**	33 (20,6%)	17 (16,7%)	8 (15,1%)
	6–6,9	2 (1,8%)	4 (2,5%)	6 (5,9%)	1 (1,9%)
вЧСРБ, мг/л	< 1	31 (28,2%)	27 (16,9%)	11 (10,8%)	14 (26,4%)*
	3–4	62 (56,4%)	100 (62,5%)	77 (75,5%)	29 (54,7%)*
	> 3	17 (15,5%)	33 (20,6%)	14 (13,7%)	10 (18,9%)
SCORE2, %	≥ 2,5 < 7,5	45 (40,9%)**	94 (58,8%)	–	–
	≥ 7,5	65 (59,1%)**	66 (41,3%)	–	–
	≥ 5 < 10	–	–	65 (63,7%)	3 (5,7%)*
	≥ 10	–	–	37 (36,3%)	50 (94,3%)*

\* p < 0,05 при сравнении с возрастной группой 50–54 лет;  
\*\* p < 0,05 при сравнении с возрастной группой 45–49 лет.

При анализе распределения обследованных лиц по индексу массы тела избыточная масса тела выявлена у 51 %, ожирение I степени — у 19 %, ожирение II степени — у 4 %, достоверных различий между возрастными группами не выявлено.

При анализе распределения обследованных лиц по уровню глюкозы в сыворотке крови уровень ниже 6,1 ммоль/л выявлен у 95 % лиц в возрасте 40–44 года, в более старших возрастных группах достоверно выше процент лиц с уровнем глюкозы более 6,1 ммоль/л (таблица 1). Уровень гликозилированного гемоглобина 5,8 % и выше, свидетельствующий о высоком риске развития сахарного диабета 2 типа, выявлен у 12 % обследованных, достоверных возрастных изменений не выявлено, т. е. уже в возрастной группе 40–44 года у 13 % можно диагностировать преддиабет (таблица 1). Группы обследованных в зависимости от значений гликозилированного гемоглобина отличаются по ИМТ:

в группе с уровнем HbA1c менее 5,8% ИМТ — 26,9 (24,8; 29,4) кг/м<sup>2</sup>; с уровнем HbA1c 5,8–6,5% — 29,1 (26,3; 32,2) кг/м<sup>2</sup> (p < 0,001), по уровню глюкозы достоверных различий не обнаружено.

Исследование гликозилированного гемоглобина начинает использоваться в практическом здравоохранении в качестве скринингового показателя для оценки риска развития нарушений углеводного обмена, который может использоваться наряду с уровнем глюкозы в крови. У 9,8% обследованных лиц с уровнем глюкозы < 6,1 ммоль/л выявлен уровень HbA1c > 5,8%, что свидетельствует о высоком риске развития сахарного диабета 2-го типа у данных лиц, что при изолированном исследовании уровня глюкозы не было определено. У 9,3% лиц с уровнем HbA1c < 5,8% выявлены значения глюкозы в сыворотке крови ≥ 6,1 ммоль/л, что может быть связано с нарушением правил подготовки к проведению анализа (период голодания в 8–14 часов и др.).

При анализе распределения обследованных лиц по уровню холестерина рекомендуемые значения менее 5,2 ммоль/л выявлены у 47% обследованных. В возрастной группе 55–59 лет достоверно чаще встречается уровень холестерина менее 5,2 ммоль/л по сравнению с группой 50–54 года (таблица 1), что может быть связано с гиполипидемической терапией в данной возрастной группе.

Для анализа состояния липидного обмена кроме определения общего холестерина требуется оценка холестерина ЛПВП и ЛПНП. Также необходим расчет не-ЛПВП, показателя, который комплексно оценивает все потенциально атерогенные фракции липопротеинов. По данным мета-анализа нескольких обсервационных исследований продемонстрировано, что наличие показателя не-ЛПВП лучше, чем ЛПНП, в прогнозировании сердечно-сосудистых заболеваний [1]. В настоящей работе для данного показателя выявлено достоверное увеличение с возрастом (таблица 1) в отличие от показателя ЛПНП.

Проведен анализ распределения обследованных лиц по значениям дополнительных показателей, характеризующих состояние липидного обмена в зависимости от уровней общего холестерина. Показано, что при рекомендуемом значении уровня общего ХС < 5,2 ммоль/л у 25,7% выявлено увеличение уровня триглицеридов > 1,7 ммоль/л и у 47,8% значение ИА > 3 (таблица 2), что свидетельствует об информативности исследования этих показателей дополнительно к определению общего холестерина.

Таблица 2 — Распределение обследованных лиц с различным уровнем холестерина по дополнительным показателям липидного обмена

Показатели	Значения	Холестерин, ммоль/л					
		ХС < 5,2		5,2 ≤ ХС ≤ 6,2		ХС > 6,2	
		n	%	n	%	n	%
ТГ, ммоль/л	< 1,7	148	74,4%	86	55,8%	25	34,7%
	1,7–2,2	27	13,6%	28	18,2%	8	11,1%
	> 2,2	24	12,1%	40	26,0%	39	54,2%
ЛПВП, ммоль/л	< 1,0	57	28,6%	22	14,3%	3	4,2%
	1,0–1,2	56	28,1%	49	31,8%	19	26,4%
	> 1,2	86	43,2%	83	53,9%	50	69,4%
ЛПНП, ммоль/л	< 3	72	36,2%	2	1,3%	–	–
	3–4	127	63,8%	56	36,4%	6	8,3%
	> 4	–	–	96	62,3%	66	91,7%
не-ЛПВП, ммоль/л	≤ 3,9	175	87,9%	15	9,7%	–	–
	4–4,9	24	12,1%	127	82,5%	7	9,7%
	5–5,9	–	–	12	7,8%	52	72,2%
	6–6,9	–	–	–	–	13	18,1%
ИА, усл. ед.	< 3	104	52,3%	35	22,7%	8	11,1%
	3–4	67	33,7%	68	44,2%	27	37,5%
	> 4	28	14,1%	51	33,1%	37	51,4%

В оценке сердечно-сосудистого риска применяется исследование высокочувствительного СРБ, маркера воспалительного процесса и кардиоваскулярного риска [2]. В работе показано, что изменение уровня этого маркера коррелирует с индексом массы тела (r = 0,234; p < 0,001), показателями углеводного (вчСРБ/глюкоза r = 0,175; p < 0,001, с уровнем HbA1c r = 0,200; p < 0,001) и липидного об-

менов (вчСРБ/ТГ  $r=0,292$ ;  $p<0,001$ , вчСРБ/ХС  $r=0,149$ ;  $p=0,003$ , вчСРБ/ИА  $r=0,324$ ;  $p<0,001$ , вчСРБ/не-ЛПВП  $r=0,224$ ;  $p<0,001$ ). Уровень вчСРБ выше 3 мг/л, ассоциированный с высоким сердечно-сосудистым риском, выявлен у 17% обследованных всех возрастных групп, у 15,5% — в группе 40–44 лет (таблица 1). При сравнении распределения обследованных лиц по уровню вчСРБ среди различных возрастных групп достоверно чаще (в 26,4%) выявлен уровень вчСРБ < 1 мг/л в возрастной группе 55–59 лет по сравнению с группой 50–54 лет (10,8%), что может быть связано с развитием в группе 55–59 лет с повышенным уровнем вчСРБ патологии, являющейся противопоказанием к работе в качестве машиниста электропоезда.

При оценке 10-летнего риска развития фатальных и нефатальных сердечно-сосудистых событий по шкале SCORE2, в соответствии с которой расчет риска зависит от возраста, выделяют группы: менее 50 лет, 50–69 лет и 70 и более лет. У обследованных лиц до 50 лет риск более 7,5% выявлен в возрасте 40–44 года в 59%, в возрасте 45–49 лет — в 41%, различия связаны с повышенной распространенностью курения в группе 40–44 года. У обследованных лиц старше 50 лет риск сердечно-сосудистых событий более 10% повышается от 36,3% в возрасте 50–54 года до 94% в возрасте 55–59 лет (таблица 1).

Проведен анализ клинико-лабораторных показателей, ассоциированных с сердечно-сосудистым риском, со стажем работы машинистом электропоезда в различных возрастных группах для оценки влияния стажа независимо от возраста. В возрастной группе 40–44 года выявлена ассоциация стажа работы с систолическим артериальным давлением ( $r=0,276$ ,  $p=0,006$ ) и уровнем холестерина: в возрастной группе 40–44 года при стаже работы машинистом электропоезда менее 10 лет уровень общего холестерина менее 5,2 ммоль/л выявлен в 69,2%, при стаже 10 лет и более — в 47,9% ( $p=0,023$ ).

Таким образом, при изучении клинико-лабораторных показателей у машинистов электропоездов показана информативность исследования дополнительных показателей, характеризующих состояние углеводного обмена (HbA1), липидного обмена (ТГ, ХС-ЛПВП, ХС-не-ЛПВП) и активности воспалительного процесса (вчСРБ) в комплексной оценке кардиоваскулярного риска.

С учетом наличия у работников метрополитена вредных факторов производственной среды и трудового процесса, ассоциированных с неблагоприятным воздействием на сердечно-сосудистую систему, представляется значимым использование дополнительных лабораторных показателей в обследовании работников для объективизации индивидуальной оценки сердечно-сосудистого риска.

## Литература

1. SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe / SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration // European Heart Journal. — 2021. — Vol. 42, iss. 25. — P. 2439–2454.

2. Denegri, A. High sensitivity C-reactive protein (hsCRP) and its implications in cardiovascular outcomes / A. Denegri, G. Boriani // Current Pharmaceutical Design. — 2021. — Vol. 27, iss. 2. — P. 263–275.

Поступила 09.09.2022

## ОЦЕНКА ГОРМОНАЛЬНО-МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

<sup>1</sup>Кислякова А.А., [agat.iwanowa2017@yandex.ru](mailto:agat.iwanowa2017@yandex.ru),

<sup>1,2</sup>Хотулева А.Г., к.м.н., [hotuleva\\_an@mail.ru](mailto:hotuleva_an@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

Развитие и усовершенствование современных технологий привело к увеличению повседневной электромагнитной нагрузки на человека как в бытовой, так и в производственной среде. Специализи-

сты Всемирной организации здравоохранения относят электромагнитные поля промышленной частоты (далее — ЭМП ПЧ) к одним из опасных и значимых для здоровья населения физических факторов. Международное агентство по изучению рака в 2002 г. отнесло магнитные поля (далее — МП) ПЧ к потенциально канцерогенным для человека (группа 2В). Многочисленные исследования подтверждают негативное влияние магнитной и электрической составляющей неионизирующего излучения на нервную, иммунную, эндокринную, сердечно-сосудистую и репродуктивную системы [1, 2]. Ряд экспериментальных исследований указывает на непосредственную роль излучения с частотой 50–60 Гц в развитии пролиферации и апоптоза клеток, а также в ухудшении параметров репродуктивной системы.

Работы отечественных и зарубежных авторов свидетельствуют о том, что низкие концентрации половых гормонов и глобулина, связывающего половые гормоны (далее — ГСПГ), повышают риск развития инсулинорезистентности, дислипидемии, артериальной гипертензии и висцерального ожирения. Многочисленные исследования позволили объединить данные нарушения в такое понятие, как метаболический синдром — ключевой фактор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета 2 типа. Лабораторная оценка риска кардиоваскулярных заболеваний на сегодняшний день включает в себя не только скрининговые параметры углеводного и липидного обменов, но и показатели гормональной активности жировой ткани. Особую роль в регуляции метаболизма жировой ткани играют лептин и адипонектин, представляющие собой адипокины, участвующие в развитии ожирения и инсулинорезистентности.

Целью данной работы явилась оценка уровней половых гормонов и их взаимосвязь с адипокинами и показателями углеводного и липидного обменов у работников, осуществляющих обслуживание, ремонт и эксплуатацию электросетевых объектов.

В рамках проведения периодического медицинского осмотра в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 28.01.2021 № 29н на базе клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» было обследовано 184 человека. Основную группу (n = 144) составили категории работников, подвергающиеся воздействию электрического (далее — ЭП) и магнитного поля (далее — МП) промышленной частоты (далее — ПЧ).

Основная группа была разделена на две подгруппы: работники, подвергающиеся воздействию магнитных и электрических полей напряженностью не выше 5 кВ/м (далее — подгруппа МП ПЧ) и работники, подвергающиеся воздействию магнитных и электрических полей напряженностью 5–10 кВ/м и выше (далее — подгруппа МиЭП ПЧ). Подгруппу МП ПЧ составили 50 электромонтеров по ремонту кабельных линий электропередачи, у которых на рабочих местах уровни ЭП ПЧ крайне низкие, но имеется МП ПЧ. При этом уровни МП, как правило, ниже предельно допустимых, т. е. не только не достигают 3,2 кА/м, но и не превышают 80 А/м (ПДУ для всей рабочей смены). Средний возраст подгруппы составил  $50,2 \pm 6,7$  года, средний стаж —  $16,4 \pm 10,8$  года. В подгруппу МиЭП ПЧ (n = 94) вошли электрослесари ремонтной службы подстанций, электромонтеры службы релейной защиты и автоматики, электромонтеры линейной службы, осуществляющие обслуживание и эксплуатацию воздушных линий электропередачи, электромонтеры оперативно-выездной бригады и электромонтеры по ремонту воздушных линий электропередачи, у которых на рабочих местах уровни ЭП ПЧ составляют 5–10 кВ/м и выше, и уровень МП ПЧ также практически никогда не достигает 80 А/м. Средний возраст подгруппы составил  $48,6 \pm 9,5$  года, средний стаж —  $17,7 \pm 9,6$  года.

Группу контроля составили 40 мужчин, не имеющие хронических заболеваний и не контактирующие с ЭМП ПЧ. Средний возраст группы контроля составил  $48,8 \pm 7,1$  года. Таким образом, обследуемые группы не отличались по возрасту и стажу (p = 0,4).

В рамках исследования учитывалось воздействие МП и ЭП ПЧ в производственных условиях без оценки влияния факторов образа жизни обследованных сотрудников.

Всем обследуемым было проведено исследование лабораторных показателей углеводного и липидного обменов и показателей репродуктивной системы: сывороточной глюкозы, гликозилированного гемоглобина, общего холестерина (далее — ОХ), холестерина липопротеидов высокой плотности (далее — ХС-ЛПВП), холестерина липопротеидов низкой плотности (далее — ХС-ЛПНП), триглицеридов на биохимическом анализаторе Konelab 30i, инсулина (набор реагентов ХЕМА «ИНСУЛИН-ИФА»), адипонектина (набор реагентов БИОХИММАК «Адипонектин»), лептина (набор реагентов БИОХИММАК «Лептин»), общего тестостерона (далее — ОТ) набор реагентов ХЕМА «ТЕСТОСТЕРОН-ИФА»), свободного тестостерона (далее — СвТ) (набор реагентов ХЕМА «СвТЕСТОСТЕРОН-ИФА») и глобулина, связывающего половые гормоны (далее — ГСПГ) (набор реагентов ХЕМА «ССГ-ИФА») с помощью тест-систем ООО «ХЕМА» методом твердофазного иммунофермент-

ного анализа на автоматическом микропланшетном анализаторе DSX (Dynex Technologies, США). Для диагностики инсулинорезистентности проведен подсчет индекса инсулинорезистентности (Homeostasis Model Assessment of Insulin Resistance (далее – НОМА-IR)) по формуле (1):

$$\text{индекс НОМА-IR} = \frac{\text{инсулин натощак} \times \text{глюкоза натощак}}{22,5}. \quad (1)$$

При значении индекса НОМА-IR  $\geq 2,77$  диагностируют инсулинорезистентность. Для дополнительной оценки липидного обмена вычислялся индекс атерогенности (далее – ИА) по формуле (2):

$$\text{ИА} = \frac{\text{ОХ} - \text{ХС-ЛПВП}}{\text{ХС-ЛПВП}}. \quad (2)$$

В норме значение ИА – не более 3,5. Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы Statistica 10. Результаты количественных данных при нормальном распределении показателей представлены в виде  $M \pm sd$ , где  $M$  – среднее;  $sd$  – стандартное отклонение, при распределении, отличном от нормального – в виде  $Me (Q1; Q3)$ , где  $Me$  – медиана;  $Q1$  – нижний квартиль;  $Q3$  – верхний квартиль. Статистически значимым считали уровень достоверности  $p < 0,05$ .

Результаты проведенного обследования выявили, что у 43% сотрудников основной группы, уровень глюкозы выше 6,1 ммоль/л, в том числе из них у 9% выше 7,0 ммоль/л. Уровень инсулина выше 24 мкЕД/мл у 14% сотрудников. Уровень гликозилированного гемоглобина выше, а адипонектина ниже в 16% случаев. Наряду с этим установлено, что у мужчин с уровнем глюкозы ниже 6,1 ммоль/л индекс НОМА-IR превышал норму в 37% случаев. Исследование показателей липидного обмена выявило, что более чем у 30% сотрудников выявлено превышение уровней триглицеридов и общего холестерина, а также снижение уровня ЛПВП. 81% работников имеют повышенный показатель уровня ЛПНП.

Для сравнительной оценки воздействия магнитных и электрических полей на лабораторные показатели основная группа была разделена на две подгруппы в зависимости от преимущественного воздействия (таблица 1).

Таблица 1 – Средние значения лабораторных показателей в обследуемых группах

Параметры	Референтный интервал	Контроль, n=40	МП ПЧ, n=50	МиЭП ПЧ, n=94	p
		1	2	3	
Возраст		48,8 ± 7,1	50,2 ± 6,7	48,6 ± 9,5	$p_{1-2} = 0,2$ $p_{1-3} = 0,6$ $p_{2-3} = 0,2$
Глюкоза, ммоль/л	3,3–5,5	6,0 (5,7; 6,4)	5,9 (5,6; 6,4)	5,9 (5,6; 6,4)	$p_{1-2} = 0,2$ $p_{1-3} = 0,3$ $p_{2-3} = 0,8$
Инсулин, мкЕД/мл	2,6–24,9	10,27 (8,38; 12,73)	11,53 (7,97; 23,7)	9,81 (7,12; 13,64)	$p_{1-2} = 0,01$ $p_{1-3} = 0,07$ $p_{2-3} = 0,01$
Индекс НОМА-IR, усл. ед.	< 2,77	2,78 (2,13; 3,45)	2,97 (2,09; 6,55)	2,64 (1,85; 3,75)	$p_{1-2} = 0,01$ $p_{1-3} = 0,07$ $p_{2-3} = 0,01$
Гликозилированный гемоглобин, %	< 5,7	5,30 ± 0,30	5,42 ± 0,33	5,35 ± 0,34	$p_{1-2} = 0,2$ $p_{1-3} = 0,6$ $p_{2-3} = 0,2$
ОХ, ммоль/л	< 5,5	5,0 (4,5; 5,5)	5,1 (4,5; 5,9)	5,5 (4,8; 6,5)	$p_{1-2} = 0,06$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} = 0,09$
Триглицериды, ммоль/л	< 1,8	1,50 (1,26; 1,94)	1,24 (1,01; 1,6)	1,73 (1,23; 2,83)	$p_{1-2} = 0,9$ $p_{1-3} = 0,02$ $p_{2-3} = 0,1$

Параметры	Референтный интервал	Контроль, n=40	МП ПЧ, n=50	МиЭП ПЧ, n=94	p
		1	2	3	
ХС-ЛПВП, ммоль/л	> 1,0	1,06 (0,94; 1,26)	1,21 (1,02; 1,41)	1,06 (0,9; 1,25)	$p_{1-2}=0,07$ $p_{1-3}=0,06$ $p_{2-3}=0,01$
ХС-ЛПНП, ммоль/л	< 3,1	3,34±0,75	3,73±0,99	3,89±0,99	$p_{1-2}=0,07$ $p_{1-3}=0,01$ $p_{2-3}=0,4$
ИА, усл. ед.	2,2–3,5	3,6 (2,9; 4,1)	3,3 (2,1; 4,5)	4,2 (3,5; 4,9)	$p_{1-2}=0,2$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{2-3}<0,001$
Адипонектин, мкг/мл	2,0–21	5,16 (4,33; 7,6)	5,22 (3,61; 8,44)	4,87(3,6; 7,0)	$p_{1-2}=0,78$ $p_{1-3}=0,06$ $p_{2-3}=0,14$
Лептин, нг/мл	2,0–7,1	6,05 (4,14; 11,1)	6,9 (3,7; 15,5)	8,6 (3,7; 14)	$p_{1-2}=0,11$ $p_{1-3}=0,05$ $p_{2-3}=0,9$
ОТ, нмоль/л	6,9–21	18,9 (14,7; 23,2)	15 (12; 19,3)	15,3 (12; 19,8)	$p_{1-2}=0,008$ $p_{1-3}<0,001$ $p_{2-3}=0,7$
ГСПГ, нмоль/л	12,9–61,7	27,2 (14,0; 40,0)	26,2 (17,1; 31,7)	20,4 (11,5; 28,1)	$p_{1-2}=0,1$ $p_{1-3}=0,0001$ $p_{2-3}=0,008$
СвТ, пг/мл	4,5–42	10,1 (7,8; 14,1)	7,3 (5,4; 9,5)	7,1 (5,6; 10,9)	$p_{1-2}=0,006$ $p_{1-3}=0,003$ $p_{2-3}=0,8$

Со стороны углеводного обмена относительно содержания глюкозы и гликозилированного гемоглобина достоверных отличий между изучаемыми группами не обнаружено. Однако уровень инсулина и индекса НОМА-IR оказался достоверно выше в группе воздействия МП (таблица 1). Достоверно значимые отличия показателей инсулина и индекса НОМА-IR, при не отличающихся показателях глюкозы и гликозилированного гемоглобина, свидетельствуют о тенденции к нарушению углеводного обмена в группе преимущественного воздействия МП ПЧ.

Анализ показателей липидного обмена выявил достоверное увеличение показателей ОХ, ХС-ЛПНП и триглицеридов в группе сочетанного воздействия МиЭП ПЧ по отношению к группе контроля. Вместе с тем уровни триглицеридов и общего холестерина в этой группе смещены к верхней границе нормы, а уровень ХС-ЛПВП, характеризующего антиатерогенную защиту организма, оказался достоверно ниже относительно группы воздействия МП. Значение индекса атерогенности, отражающего степень риска развития кардиоваскулярных заболеваний, оказался также достоверно выше в группе МиЭП относительно контрольной группы и группы воздействия МП (таблица 1).

Играющие важную метаболическую роль адипокины представляют собой пептиды, секретируемые в первую очередь клетками жировой ткани. Данные экспериментальных исследований подтвердили роль этих гормонов в развитии инсулинорезистентности. Лептин в нормальных условиях регулирует метаболизм и участвует в передаче сигнала в гипоталамус о насыщении, тем самым способствуя подавлению чувства голода, повышает чувствительность клеток печени и мышечной ткани к действию инсулина и рассматривается в качестве одного из факторов риска развития инсулиннезависимого сахарного диабета. Адипонектин в отличие от лептина обратно коррелирует с индексом массы тела и риском развития сахарного диабета 2 типа, атеросклероза и артериальной гипертензии. Он стимулирует секрецию инсулина, подавляет глюконеогенез и способствует усвоению глюкозы в скелетных мышцах, а также принимает участие в регуляции экспрессии рецептора инсулина. В настоящем исследовании среднее содержание адипонектина в группах статистически не отличалось. Уровень же лептина был достоверно выше в группе воздействия МиЭП ПЧ ( $p < 0,05$ ), что может говорить о более выраженном влиянии сочетанного воздействия магнитного и электрического полей на метаболические процессы в жировой ткани.

Анализ показателей половых гормонов выявил, что у 4,2% и 15,3% сотрудников, подвергающихся воздействию МиЭП ПЧ, зафиксированы низкие уровни общего и свободного тестостерона

соответственно, тогда как в группе контроля эти значения составили 0% и 10%. Содержание этих гормонов имело тенденцию к снижению в обеих подгруппах воздействия относительно группы контроля ( $p < 0,05$ ). Уровень же ГСПГ был достоверно ниже в группе сочетанного воздействия МиЭП относительно группы контроля и группы МП ( $p < 0,05$ ) (таблица 1).

Для определения взаимосвязей между эндокринно-метаболическими показателями был выполнен корреляционный анализ (таблица 2).

Таблица 2 — Коэффициенты корреляции половых гормонов и ГСПГ с клиничко-лабораторными показателями углеводного и липидного обменов

Показателями углеводного и липидного обменов	Показатели функционального состояния репродуктивной системы		
	ОТ	СвТ	ГСПГ
Глюкоза	-0,076201	-0,003348	-0,151256
Инсулин	-0,195473*	-0,110461	-0,159877
Гликозилированный гемоглобин	0,010015	0,059059	-0,109917
Индекс НОМА-IR	-0,203879*	-0,107827	-0,176232*
ОХ	-0,174229*	-0,072328	-0,096261
ХС-ЛПНП	-0,114875	-0,032683	-0,066357
ХС-ЛПВП	0,181177*	0,123042	0,218547**
Триглицериды	-0,138505	-0,049222	-0,240237**
ИА	-0,308639***	-0,187173*	-0,273328***
Лептин	-0,2719**	-0,141	-0,0635
Адипонектин	0,075	0,00075	0,3299***
* $p < 0,05$ ; ** $p < 0,01$ ; *** $p < 0,001$ .			

Данные корреляционного анализа подтверждают взаимозависимость показателей репродуктивной системы и состояния метаболических процессов. Системообразующим звеном в корреляционных взаимосвязях выступает уровень ОТ. Концентрация общего тестостерона прямо пропорциональна уровню ХС-ЛПВП и обратно пропорциональна уровням инсулина, индексу НОМА-IR, ОХ, ИА и лептину, что согласуется с ранее опубликованными данными [2]. Содержание ГСПГ имеет обратную зависимость с индексом НОМА-IR, триглицеридами, ИА и прямую с уровнем ХС-ЛПВП и адипонектина. Таким образом, можно говорить о выраженной взаимосвязи показателей липидного, углеводного обменов и метаболической активности жировой ткани с уровнями ОТ и ГСПГ.

Полученные данные свидетельствуют о высокой распространенности нарушений углеводного и липидного обменов у работников, выполняющих ремонт и эксплуатацию электросетевых объектов. Превышение индекса НОМА-IR у обследованных с нормальными значениями глюкозы и гликозилированного гемоглобина свидетельствует о наличии инсулинорезистентности у этих лиц, которая не диагностируется при скрининговых обследованиях. Полученные данные свидетельствуют о негативном влиянии сочетанного воздействия МиЭП ПЧ на показатели липидного обмена. Анализ показателей репродуктивной системы в целом свидетельствует о высокой распространенности признаков гипогонадизма среди сотрудников, подвергающихся воздействию неионизирующего излучения. Достоверное отличие уровней гормонов и ГСПГ в подгруппах свидетельствует о негативном влиянии как магнитной, так и электрической составляющей неионизирующего излучения на систему гипофиз — гонады у мужчин, осуществляющих ремонт и эксплуатацию электросетевых объектов. При этом выявленные ассоциации между показателями метаболического синдрома и половыми гормонами у обследованных лиц с учетом влияния на показатели ЭМП ПЧ демонстрируют важность комплексной оценки маркеров изученных систем у работников, подвергающихся воздействию магнитных и электрических полей промышленной частоты.

Таким образом, сотрудники, подвергающиеся воздействию электрических и магнитных полей ПЧ, входят в группу риска раннего развития мужского гипогонадизма с нарушением в системах углеводного и липидного обменов, приводящие в свою очередь к таким социально значимым заболеваниям, как сахарный диабет 2 типа, артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца. Выявленные различия лабораторных показателей в группах подтверждают разнонаправленный

характер воздействия на организм электрических и магнитных полей промышленной частоты и свидетельствуют о необходимости продолжения исследований по поиску информативных лабораторных маркеров раннего развития патологии сердечно-сосудистой и эндокринной систем у работников электроэнергетической отрасли.

### Литература

1. Отдаленные эффекты производственных и внепроизводственных воздействий электромагнитных полей промышленной частоты. Эпидемиологические исследования / Г.И. Тихонова [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. — 2003. — Т. 43, № 5. — С. 555–558.
2. Риск развития сердечно-сосудистых осложнений у работников, осуществляющих эксплуатацию и обслуживание средств связи на базе проводных и беспроводных технологий / Л.П. Кузьмина [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2021. — Т. 61, № 4. — С. 212–217.
3. Бичкаева, Ф.А. Соотношение содержания инсулина, половых гормонов, стероидсвязывающего  $\beta$ -глобулина, параметров липидного обмена и глюкозы у мужского населения Арктики / Ф.А. Бичкаева, Е.В. Типисова, Н.И. Волкова // Проблемы репродукции. — 2016. — Т. 22, № 2. — С. 99–110.

Поступила 12.09.2022

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА ПРИ ИНТЕРМИТТИРУЮЩЕМ ВЛИЯНИИ ЕГО ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Клебанов Р.Д., к.м.н., доцент, krd1@tut.by,  
Гутич Е.А., к.м.н., ekhutsich@gmail.com,  
Мадекша И.В., ira-kyz@tut.by,  
Коноплянко В.А., к.б.н., 9753@bk.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Термическая обработка металла и других твердых, жидких и газообразных тел является технологической основой различных производств, при этом высокие уровни теплового излучения от оборудования, нагретых предметов и поверхностей, раскаленных и расплавленных масс формируют на рабочих местах нагревающий микроклимат (далее — НМК). Значительное число производств, профессий и рабочих мест, высокая занятость работающих в условиях НМК обуславливают значимость и актуальность адекватной гигиенической оценки параметров микроклимата, а также разработки обоснованных мер медицинской профилактики заболеваний, ассоциированных с неблагоприятным влиянием высоких температур, интенсивного инфракрасного (далее — ИК) облучения. В настоящее время в области разработки современных методов измерений и оценки микроклимата отмечен ряд положительных результатов исследований в части оценки показателей микроклимата нагревающей производственной среды с учетом экспозиции; обоснованы и разработаны современные средства индивидуальной защиты и специальная одежда; дана оценка рисков нарушений состояния здоровья работников при воздействии НМК; разработаны современные средства измерений и иное [1–2]. Отметим, что в гигиене труда разработаны и внедрены методы оценки микроклимата, когда уровни его показателей на рабочем месте находятся в пределах одного класса условий труда, однако отсутствуют публикации по оценке НМК при интермиттирующем, перемежающем характере влияния его показателей.

Для гигиенической оценки показателей производственной среды с учетом экспозиции характеристик применяют два основных метода. При оценке оборудования, эффективности вентиляции используют разовые измерения с оценкой показателя за непродолжительный период измерения (в основном 5–20 мин). Второй метод позволяет оценить показатель с учетом времени его воздействия за всю смену — среднесменные концентрации химических веществ, пылевая дозовая нагрузка, эквивалентный уровень шума и т.д. Значимость методических вопросов гигиенической оценки показателей производственной среды с учетом экспозиции стала особо актуальной с внедрением процедур аттестации рабочих мест по условиям труда и комплексной гигиенической оценки условий труда, когда оценка показателей проводится на основе хронометража с учетом времени его влияния в течение всей смены.

В методическом аспекте вопросы оценки экспозиции, например, при воздействии производственного источника ИК излучения, не возникают, когда на работника воздействует один и достаточно стабильный источник теплового излучения, а его параметры за смену не претерпевают значимых изменений, находясь в пределах одного класса условий труда, и в этих случаях оценка показателя НМК, с учетом экспозиции, не представляет трудностей. Напротив, при интермиттирующем характере влияния показателей НМК фиксируются разные, часто значительно изменяющиеся за время смены значения показателей. Метод оценки такого воздействия сегодня отсутствует, и условия труда при интермиттирующем влиянии не всегда оцениваются корректно. Так, оценка показателя может быть занижена, когда учитываются не все источники ИК потока, или определяется средняя величина, что может сказаться на качестве мер профилактики. Но превентивные меры могут быть излишними, если из выполненных измерений оценено только более высокое значение показателя, тогда оценка показателя будет завышена.

С учетом того, что данные исследования интермиттирующих особенностей формирования показателей, НМК и методические документы, регламентирующие оценку показателя при таком воздействии отсутствуют, актуальными являются исследования по разработке методических подходов для оценки нагревающего микроклимата при интермиттирующем характере влияния его показателей.

Для обоснования метода гигиенической оценки показателей НМК необходимо определить критерий интермиттирующего характера влияния показателя нагревающей среды. В гигиене труда термин «интермиттирующее влияние» применяется редко и в основном без его количественных оценок. Например, указывается, что работы выполняются в разных зонах с различными уровнями изучаемого показателя, что обуславливает его интермиттирующее воздействие, а его величины могут быть и выше, и ниже гигиенического норматива. Для определения границ интермиттирующего воздействия нами рассмотрены разные подходы. Так, исследована величина интермиттирования, выраженная разницей между значениями отдельных показателей микроклимата на рабочем месте в процентах — не менее 10 %. Однако необходимо учесть как разные единицы измерения отдельных показателей микроклимата, так и значительные различия в количественных оценках каждого: скорость движения воздуха (м/с) измеряется и нормируется в десятых долях показателя, температура воздуха (°С) — в единицах, относительная влажность воздуха (%) — десятки процентов, а тепловое излучение — в сотнях и тысячах Вт/м<sup>2</sup>. Это потребовало бы разработки отдельного, выраженного в процентах, количественного критерия для каждого показателя микроклимата, что усложнило бы при практическом применении сам метод оценки соответствующего класса условий труда. В этой связи для определения границ интермиттирующего характера воздействия нами применен класс условий труда, и интермиттирующее воздействие определяли, когда на рабочем месте установлено две или более точек (зон, стадий технологического процесса) с оценкой исследуемого показателя микроклимата классом 3.1 и выше (например, 3.1 и 3.2; или 3.1, 3.3 и 3.4 и т. д.). Метод одночисловой оценки при таком характере воздействия показателей микроклиматического фактора в технических нормативно-правовых актах отсутствует.

Изучение микроклиматических условий для разработки метода оценки показателей интермиттирующего воздействия включало выбор рабочих мест разных профессий и производств с НМК и определение основных стадий техпроцесса; измерение параметров НМК на рабочем месте с проведением хронометража, уточнение при необходимости, уровня общих энергозатрат работника и оценка класса условий труда на выбранных стадиях техпроцесса. Далее на рабочих местах определялись показатели микроклимата с интермиттирующим воздействием, проводились расчет среднесменных величин показателей и оценка показателей микроклимата с интермиттирующим характером влияния. Полученные сведения и материалы исследования были применены для обоснования метода гигиенической оценки микроклиматических показателей нагревающей производственной среды при интермиттирующем воздействии.

Среднесменную величину показателя микроклимата определяли по формуле (1):

$$P_{cc} = \frac{P_1 \times t_1 + P_2 \times t_2 + \dots + P_n \times t_n}{n}, \quad (1)$$

где  $P_{cc}$  — среднесменное значение показателя микроклимата;  
 $P_1, P_2 \dots P_n$  — значение показателя микроклимата в контрольной точке;  
 $t_1, t_2 \dots t_n$  — время выполнения работы на соответствующих контрольных точках стадиях технологического процесса в процентах от суммарного времени рабочей смены;  
 $n$  — продолжительность рабочей смены (100 %).

Среднесменные значения обследованных показателей микроклимата сравнивали с гигиеническим нормативом с установлением итогового класса условий труда по каждому показателю. На всех обследованных рабочих местах проведен анализ основных стадий техпроцессов, измерены параметры микроклимата и выполнен гигиенический хронометраж. После установления класса условий труда по всем стадиям техпроцесса определены рабочие места с интермиттирующим воздействием по каждому показателю микроклимата, проведен расчет и анализ средних, среднесменных величин показателей НМК, а также показателя «экспозиция теплового облучения», учитывающего интенсивность ИК облучения, экспозицию и площадь облучаемой поверхности при выполнении операций (стадий) техпроцесса [3].

С целью гигиенической оценки показателей производственного нагревающего микроклимата при интермиттирующем воздействии на рабочих местах проведены инструментальные измерения показателей микроклимата: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, инфракрасное излучение и индекс тепловой нагрузки среды (далее — ТНС индекс). Основные инструментальные измерения и исследования выполнены на рабочих местах стекольного производства, отдельные измерения параметров НМК выполнены на рабочих местах литейного, кузнечного, термического, сварочного и иных производств разных отраслей промышленности. Для оценки занятости работников в условиях монотонного и интермиттирующего влияния показателей микроклимата на всех стадиях технологического процесса проведен гигиенический хронометраж с установлением класса условий труда по каждой стадии техпроцесса и определены рабочие места с признаками интермиттирующего характера влияния по каждому показателю микроклимата. Всего проведено 860 инструментальных измерений показателей микроклимата на 54 обследованных рабочих местах 38 профессий. Выполнено 290 хронометражных исследований и наблюдений для оценки занятости работников в условиях влияния нагревающей производственной среды.

Результаты анализа полученных данных показали, что интермиттирующий характер по показателю температуры установлен на 66,6% обследованных рабочих мест, на 37,0% — по скорости движения воздуха, и наиболее часто интермиттирующий характер показателя микроклимата отмечен по ИК излучению — на 40 из 54 рабочих мест (74%). Только на пяти рабочих местах интермиттирующий характер не установлен ни по одному из показателей, а на 16 рабочих местах определен интермиттирующий характер по всем показателям НМК. Это свидетельствует об актуальности разработки одночисловой оценки результатов измерений параметров микроклимата с разными классами условий труда, и полученные материалы, с учетом экспозиции за всю смену, явились обоснованием для разработки метода оценки интермиттирующего воздействия показателей НМК.

Отметим, что для получения необходимой информации предварительно выбраны рабочие места с нагревающей производственной средой. Так, температура воздуха в теплый период года на всех рабочих местах превышала допустимые величины с оценкой показателя классом от 3.1 до 3.3. Важно подчеркнуть, что в холодный период года 30% измерений температуры воздуха соответствовало нормативу, 43% измерений оценены классом 3.1 и 27% — классом 3.2, что свидетельствует о ведущей роли в формировании НМК на обследованных рабочих местах производственных источников тепла и излучения, а не наружной температуры воздуха.

Показатели относительной влажности воздуха на рабочих местах наиболее часто определялись на уровне 18–30%, и интермиттирующий характер этого показателя, в отличие от других показателей НМК, встречается сравнительно реже. Но при наиболее неблагоприятных условиях (температура 40–50 °С и выше), относительная влажность может составлять от 7% до 14% с оценкой, соответственно, классами 3.1 и 3.2. Влиянию высокой влажности воздуха (классы 3.1 и 3.2), например, подвергаются работники текстильного производства, теплоэнергетики, обслуживающие паропроводы, водяные емкости и др., а при работах в котельном цехе этот показатель, напротив, ниже 15% (класс 3.1). Это определяет интермиттирующий характер показателя влажности и также делает необходимым разработку метода его одночисловой оценки.

Изучена возможность применения метода одночисловой оценки и для скорости движения воздуха. Этот показатель выражен на рабочих местах с НМК и связан в основном с работой вентиляции. Фактически экстремальные условия, определяемые высокими температурами на рабочих местах при наиболее неблагоприятных условиях (40 °С и выше), интенсивным ИК облучением (до 5000 Вт/м<sup>2</sup> и выше), обуславливают необходимые меры профилактики теплового стресса. Одной из основных мер является работа вентиляции в «горячих цехах» с охлаждением и очисткой поступающего воздуха, а также применение напольных, потолочных, передвижных вентиляторов, установок воздушного душирования, систем кондиционирования и др. Применение указанных технических средств снижает тепловую нагрузку, нормализует теплообмен у работников, но при этом скорость движения воздуха превышает допустимые нормативы, составляя от 1,0 до 4,0 м/с (классы 3.1 и 3.2). В этой

связи скорость движения воздуха на рабочих местах с НМК следует оценивать, с учетом интермиттирующего влияния, одночисловой величиной. Но, оценивая с гигиенических позиций «вредность» повышенной скорости движения воздуха, надо учесть, что системы воздушного душирования значительно снижают тепловую нагрузку на рабочих местах с НМК, служат мерой защиты работников от избыточного тепла. В целом функционирование вентиляции, как основной причины повышенной скорости движения воздуха можно считать эффективным инженерным средством профилактики теплового стресса, перегревания, когда обдув, воздушное душирование и иные средства позволяют рассеивать избыток поступающего тепла.

Интермиттирующее влияние в наибольшей степени характерно по показателю интенсивности ИК излучения, наиболее высокие значения которого отмечены при наборе стекломассы (2800–3300 Вт/м<sup>2</sup>), при изготовлении крупных изделий (1640–1850 Вт/м<sup>2</sup>), укладке изделий в печь обжига (2100–2450 Вт/м<sup>2</sup>), а также у производственных печей при укладке, съеме и обработке деталей из металла (3400–3900 Вт/м<sup>2</sup>).

Гигиеническая оценка НМК на основе показателя «ТНС индекс» предусмотрена «Гигиенической классификацией условий труда» [4], при этом допускается оценивать НМК как по ТНС индексу, так и по отдельным составляющим микроклимата. Нами показано, что в холодный период года на рабочем месте наборщика стекломассы величина ТНС индекса выше допустимого (класс 3.1). При обработке изделий из стекломассы величина ТНС индекса не превышала норматива, что, вероятно, связано с постоянным обдувом рабочих мест на верстаке, а также низкой влажностью воздуха; ниже была и температура воздуха при изготовлении изделий, чем при наборе стекломассы из печи. Параметры ТНС индекса на других рабочих местах стекольного производства не превышали гигиенического норматива. В теплый период года отмечены более высокие уровни показателя ТНС индекса: при наборе стекломассы, как и при укладке изделий в печь отжига (26,1–26,7 °С), при этом температура воздуха при отборе стекломассы, укладке изделий для обжига составляла 32 °С и выше. Повышенные величины ТНС индекса отмечены и на рабочих местах заливщика (24,0–24,6 °С), раскатчика металла (24,4–24,7 °С) при температуре воздуха 29–32 °С, на рабочем месте кузнеца ручнойковки, при температуре 27–29 °С ТНС индекс составлял 24,3–25,6 °С. И при значительном превышении норматива по температуре воздуха (классы 3.2 и 3.3), ТНС индекс определялся, как правило, с оценкой классом 3.1. Отметим, что судя по научным публикациям, ТНС индекс на практике используется редко, публикаций о его применении недостаточно.

Известно, что гигиенический норматив показателей микроклимата для конкретных рабочих мест определяется с учетом интенсивности общих энергозатрат работника. Отметим, что в гигиеническом нормативе [5] приведены примеры профессий для каждой категории работ (от Ia до III), однако проблема адекватного определения категории работ по интенсивности энергозатрат остается. Например, по наименованию профессии определяется одна категория работ по энергозатратам, а фактически у работника могут наблюдаться иной вид работ, чем указано в примере профессий, иные показатели тяжести труда и т.д. Наблюдается и обратная ситуация: профессия отнесена к высокой категории работ по энергозатратам (например, IIб), а реальная оценка категории энергозатрат ниже — IIа. С учетом этого целесообразны расчет и определение фактической категории энергозатрат на рабочем месте предложенным методом ранговой среднесменной оценки категории работ. При выполнении работником технологических операций, относящихся к разным категориям работ по интенсивности общих энергозатрат, при установлении гигиенического норматива определяется категория работ по энергозатратам на основании расчета общего ранга категории работ. Ранги категорий работ по интенсивности общих энергозатрат условно обозначены цифрами 1, 2, 3, 4 и 5, которые соответствуют категориям работ по интенсивности энергозатрат гигиенического норматива — Ia, Ib, IIa, IIб и III [5]. По рассчитанному общему рангу определяется категория работ с последующим установлением величины соответствующего гигиенического норматива показателя микроклимата.

Для обоснования метода одночисловой оценки показателя микроклимата проанализированы полученные средние, среднесменные и средневзвешенные величины показателей микроклимата, а также экспозиционные дозы ИК облучения. Оказалось, что средние величины, без учета времени воздействия, заметно искажают значения показателя в сторону увеличения или уменьшения среднесменной величины. Анализ применения для итоговой оценки показателя экспозиции теплового облучения выявил при установлении класса условий труда значительно более высокие значения показателя ИК облучения в сравнении с оценкой класса условий труда на основе среднесменных величин.

Исследование применения средневзвешенной величины для оценки показателя НМК показало, что установление класса условий труда на основе полученной величины не учитывает общую продолжительность рабочей смены, а только время неблагоприятного воздействия показателя, и в ряде

случаев такой подход приведет к возникновению сложных ситуаций при времени влияния фактора 50% и менее или 10% и менее продолжительности рабочей смены.

В целом анализ и сравнительная оценка результатов исследований показали, что среднесменная величина в наибольшей степени применима для оценки одночисловой величиной показателей микроклимата. Данный подход определения среднесменной величины не требует длительных непрерывных измерений. Достаточным является определение основных, типичных и, как правило, повторяющихся стадий техпроцесса на рабочем месте с выполнением измерений и расчета среднесменной величины. С учетом полученных материалов подготовлен алгоритм проведения исследования и установления класса условий труда на основе одночисловой оценки показателя микроклимата.

В целом полученные данные явились основой для разработки инструкции по применению «Метод комплексной гигиенической оценки показателей производственного микроклимата при интермиттирующем воздействии».

Разработанный метод позволяет дать гигиеническую оценку показателей нагревающего микроклимата с учетом интермиттирующего воздействия при проведении лабораторного контроля, комплексной гигиенической оценки условий труда, аттестации рабочих мест, оформлении санитарно-гигиенических характеристик условий труда. Преимуществом предлагаемого метода является повышение качества гигиенической оценки показателей нагревающего микроклимата на рабочем месте, обеспечение единого подхода для оценки всего комплекса микроклиматических показателей производственной среды при интермиттирующем воздействии.

## Литература

1. Измеров, Н. Ф. Оценка профессионального риска в медицине труда: принципы, методы и критерии / Н. Ф. Измеров, Э. И. Денисов // Вестник РАМН. — 2004. — № 2. — С. 17–21.

2. Афанасьева, Р. Ф. Физиолого-гигиеническое обоснование продолжительности периодов пребывания в нагревающем микроклимате в условиях теплового комфорта в течение рабочей смены / Р. Ф. Афанасьева, Н. А. Бессонова // Вестник Российской Академии медицинских наук. — 2011. — № 3. — С. 24–28.

3. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: утв. Гл. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 29 июля 2005. — М., 2005. — 96 с.

4. Гигиеническая классификация условий труда: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28 дек. 2012 г. № 211. — Минск, 2013. — 64 с.

5. Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах [Электронный ресурс]: гигиен. норматив: утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2021.

Поступила 05.08.2022

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ НЕТРУДОСПОСОБНОСТЬЮ РАБОТНИКОВ РАЗНЫХ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

<sup>1</sup>Клебанов Р. Д., к. м. н., доцент, krd1@tut.by,

<sup>2</sup>Кудрейко Н. П., zavod\_ogt@mail.ru,

<sup>2</sup>Лантев С. В., zavod\_cge@minsksanepid.by,

<sup>1</sup>Коноплянко В. А., к. б. н., 9753@bk.ru,

<sup>1</sup>Мадекша И. В., ira-kyz@tut.by

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Центр гигиены и эпидемиологии Заводского района г. Минска», г. Минск, Республика Беларусь

Результаты изучения состояния здоровья работающих во многом составляют основу планирования и разработки мер по улучшению медицинского обслуживания и качества их здоровья. Актуальность проблемы, необходимость повышения внимания гигиенистов к состоянию здоровья работающего населения, подчеркивает и следующее. В настоящее время контроль за условиями труда реализуется

на основании трех основных методических подходов и соответствующих нормативно-методических документов. Так, с 1992 г. проводится аттестация рабочих мест по условиям труда, с 2007 г. — комплексная гигиеническая оценка условий труда, наконец, традиционным методом оценки является производственный контроль, и указанными процедурами охвачены практически все рабочие места с неблагоприятными условиями труда. А для оценки и анализа состояния здоровья работающих, по нашему мнению, унифицированная методика отсутствует, полностью не решены и не оформлены документально такие вопросы, как оптимальный выбор групп и их количество для анализа заболеваемости с временной утратой трудоспособности (далее — ЗВУТ), численность работников в изучаемых группах, алгоритм анализа, критерии и методы отбора групп для изучения ЗВУТ и иное. Отметим, что изучение показателей заболеваемости, на наш взгляд, носит эпизодический характер, проводится чаще не в плановом, а в инициативном порядке, иногда с применением показателей, которые сложно сопоставить с результатами других исследований, при этом необходимые методические документы для анализа ЗВУТ, разработанные еще в конце прошлого века, морально устарели. Кроме того, для сравнительного анализа часто отсутствуют в достаточном объеме обобщающие данные о временной нетрудоспособности (далее — ВН) работающих в неблагоприятных условиях — по предприятиям, отраслям, в целом по республике, а отсутствие либо недостаточное количество публикаций, статистических данных и иных аналитических материалов о состоянии здоровья работающих, затрудняет определение наиболее эффективных мер профилактики, своевременное выявление болезней, связанных с работой, и другое. С учетом этого очевидна актуальность исследования показателей ВН работников, занятых в разных отраслях промышленности, роль результатов сравнительного анализа ЗВУТ в целях оценки здоровья работников, разработки мер по снижению возможных потерь.

Отметим, что многие годы практически на каждом предприятии (в организации) действовала процедура учета и отчетности данных о ВН в связи с болезнью, уходом за больными и иными причинами. В этих целях последовательно применялись разные отчетные формы: 3-1, ф. 16, ф. 16-ВН и иные; основным отличием вновь вводимых форм явилось расширение перечня наименований классов заболеваний и иных причин ВН, а также изменения, связанные с переходом на Международную классификацию болезней (далее — МКБ) 8 и 10 пересмотров. Хотя переход на новую форму МКБ является достаточно сложным и длительным процессом (в некоторых странах занимал до 5 лет), расширение отчетной формы, включение дополнительных классов и нозологических форм, несомненно, повышает качество исследования ЗВУТ.

В 2007 г. в Республике Беларусь вместо отчетной формы 16-ВН была введена новая форма. Кроме того, Национальным статистическим комитетом, по согласованию с Министерством здравоохранения, в отчетные формы по ВН вносились и другие изменения, но учет и отчетность по ВН проводились по классам заболеваний в соответствии с МКБ-10. Важно, что органы государственной статистики ранее постоянно публиковали данные о показателях ЗВУТ по республике, областям, основным отраслям промышленности, что позволяло организациям, проводившим собственные исследования ЗВУТ, дать сравнительную оценку полученным результатам. Однако в настоящее время получить такие сведения достаточно сложно.

При анализе ЗВУТ применяются два основных метода. Первый метод основан на данных отчетной формы о причинах ВН, содержащей перечень классов заболеваний и иных причин ВН и соответствующее число случаев и дней ВН. Метод позволяет оперативно, путем простых вычислений, рассчитать показатели ЗВУТ, отражающие число случаев и дней ВН на 100 работающих суммарно и по классам заболеваний, структуру потерь, среднюю продолжительность случаев заболеваний и иное. Публикации результатов анализа ЗВУТ как по отдельным предприятиям, так и сводные данные (регион, отрасль, республика) позволяют проводить сравнительный анализ здоровья работников для разработки мер профилактики, а накопление данных о ЗВУТ за пять, семь и более лет, дает возможность динамического наблюдения за показателями ЗВУТ, установления тенденций формирования потерь за изучаемый временной период. Несмотря на преимущества анализа ЗВУТ по данным отчетности (возможность динамического наблюдения, доступность получения информации и использование обобщенных материалов о ЗВУТ, а не персонифицированных данных), этот метод не позволяет анализировать ВН по профессиональным группам с разными условиями труда и составом работников, во многом определяющим и потерю по болезням.

Второй метод анализа ЗВУТ (полицевой, углубленный, интерпретационный) раскрывает более широкие возможности изучения ЗВУТ и позволяет провести исследование с учетом пола, профессии, возрастно-стажевых особенностей работников конкретного производства или подобранной группы и т. д. Метод основан на применении персонифицированных данных о работниках и получении, например, сведений о часто и длительно болеющих, индексе здоровья, показателях ЗВУТ в отдельных возрастных, стажевых когортах, с учетом условий труда и другое.

В проведенном нами исследовании использован метод, основанный на данных отчетности о ЗВУТ. Для этих целей выбрано пять предприятий отраслей народного хозяйства: предприятие по производству железобетонных изделий и конструкций (далее – ЖБИ), автобусный парк (далее – АП), предприятие теплоэнергетики (далее – ТЭЦ), предприятие по металлообработке (далее – ПМО) и предприятие машиностроения (далее – МС). На указанных предприятиях получены первичные данные из отчетной формы по ВН за 2016–2020 гг., сведения о результатах производственного контроля, комплексной гигиенической оценки условий труда, аттестации рабочих мест. Рассчитаны интенсивные и экстенсивные показатели числа случаев и дней ВН, проанализированы данные за пятилетний период наблюдения, а также трудовые потери по отдельным классам болезней.

Отметим особенности условий труда на обследованных объектах. Так, на ЖБИ 76 % работников заняты во вредных условиях (итоговая оценка – классы 3.1 и 3.2), из них в условиях повышенного шума занято 58 % работников, запыленности – 52 %, вибрации – 35 %, неблагоприятного микроклимата – 27 % работников. В автобусном парке (водители составляют более 65 %) 81 % работников заняты в неблагоприятных условиях, из которых в условиях повышенного уровня шума занято 80 % работников, вибрации – 72 %; отметим также вынужденную рабочую позу и напряженность труда водителей. 79 % работников ТЭЦ занято в неблагоприятных условиях, из которых 87 % – под воздействием интенсивного шума, в условиях нагревающего микроклимата и теплового излучения работают 60 %, а около одной трети подвергаются влиянию химических веществ; по данным аттестации условия труда 1,7 % работников оценены классом 3.3, 72 % – классом 3.2 и классом 3.1 – почти каждый четвертый работник ТЭЦ. На ПМО во вредных условиях занято более 53 % работников, в том числе в условиях повышенного шума занято 72,5 % работников, 14 % – при воздействии химических веществ; из других вредных факторов отметим запыленность, общую и локальную вибрацию, оптическое излучение. Более половины работающих в неблагоприятных условиях на предприятии МС подвергаются воздействию интенсивного шума, 26 % работают в условиях влияния вредных веществ, на ряде мест отмечены повышенные уровни вибрации, запыленности и загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами. Работники обследованных предприятий обеспечены средствами индивидуальной защиты, спецодеждой; охват медицинскими осмотрами составил 100 %. За 2016–2020 гг. профессиональные заболевания на трех предприятиях (ТЭЦ, АП и ЖБИ) не регистрировались; на МС зарегистрирован один случай, обусловленный работой в условиях высокой шумовой нагрузки, а на ПМО – три случая профзаболеваний, обусловленных работой в условиях высокого содержания пыли в воздухе рабочей зоны.

Таким образом, основными вредными факторами, обуславливающими неблагоприятные условия труда, являются: интенсивный шум на многих рабочих местах обследованных предприятий, нагревающий микроклимат (ТЭЦ), вынужденная рабочая поза и напряженность труда (АП), вибрация и запыленность воздушной среды (ЖБИ); на ПМО и МС кроме шума характерно присутствие практически всех основных факторов условий труда, включая пылевой, химический, неионизирующее излучение, общую и локальную вибрацию. С учетом вышесказанного представляют интерес данные ЗВУТ работников обследованных предприятий (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели временной нетрудоспособности работников за 2016–2020 гг.; числитель – число случаев на 100 работников, знаменатель – число дней

Классы заболеваний	Код	Обследованные предприятия				
		ЖБИ	АП	ТЭЦ	ПМО	МС
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни (за 2020 г.)	01	$\frac{19,6}{360,1}$	$\frac{12,2}{242,2}$	$\frac{19,8}{103,3}$	$\frac{27,0}{275,3}$	$\frac{14,9}{310,3}$
Новообразования	05	$\frac{1,4}{50,6}$	$\frac{1,4}{31,3}$	$\frac{2,0}{48,3}$	$\frac{2,9}{70,5}$	$\frac{1,3}{41,6}$
Болезни крови, кроветворных органов	08	–*	$\frac{0,07}{1,6}$	$\frac{0,09}{1,1}$	$\frac{0,13}{3,5}$	$\frac{0,12}{15,4}$
Болезни эндокринной системы, расстройства питания	09	–*	$\frac{0,08}{1,4}$	$\frac{0,20}{2,7}$	$\frac{0,33}{6,1}$	$\frac{0,13}{3,5}$
Психические расстройства	10	$\frac{0,28}{6,4}$	$\frac{0,23}{4,8}$	$\frac{0,34}{6,6}$	$\frac{1,2}{23,3}$	$\frac{0,5}{10,0}$
Болезни нервной системы	15	$\frac{0,21}{4,3}$	$\frac{0,45}{5,9}$	$\frac{0,14}{5,4}$	$\frac{0,56}{10,7}$	$\frac{0,33}{5,2}$
Болезни глаза, его придаточного аппарата	18	–*	$\frac{1,4}{12,7}$	$\frac{0,6}{5,6}$	$\frac{1,2}{16,0}$	$\frac{1,2}{16,1}$

Классы заболеваний	Код	Обследованные предприятия				
		ЖБИ	АП	ТЭЦ	ПМО	МС
Болезни уха, сосцевидного отростка	19	–*	$\frac{0,58}{5,3}$	$\frac{0,5}{5,7}$	$\frac{0,5}{4,9}$	$\frac{0,66}{8,1}$
Болезни системы кровообращения	20	$\frac{3,7}{61,3}$	$\frac{4,9}{61,5}$	$\frac{2,6}{57,8}$	$\frac{6,4}{96,7}$	$\frac{4,10}{65,8}$
Болезни органов дыхания	31	$\frac{28,1}{214,8}$	$\frac{34,8}{287,2}$	$\frac{27,4}{224,3}$	$\frac{39,8}{335,9}$	$\frac{32,4}{274,3}$
Болезни органов пищеварения	33	$\frac{2,2}{26,6}$	$\frac{2,4}{34,1}$	$\frac{2,1}{32,0}$	$\frac{3,6}{44,6}$	$\frac{2,3}{33,0}$
Болезни кожи и подкожной клетчатки	47	–*	$\frac{1,6}{19,3}$	$\frac{1,1}{15,1}$	$\frac{1,8}{19,3}$	$\frac{1,32}{17,0}$
Болезни костно-мышечной системы	50	$\frac{10,4}{130,4}$	$\frac{12,8}{132,2}$	$\frac{4,5}{53,2}$	$\frac{11,1}{129,1}$	$\frac{8,2}{107,2}$
Болезни мочеполовой системы	55	–*	$\frac{1,5}{19,6}$	$\frac{1,3}{16,9}$	$\frac{3,2}{41,6}$	$\frac{1,4}{16,4}$
Осложнения беременности, родов	61	–*	$\frac{0,05}{1,44}$	$\frac{0,71}{6,53}$	$\frac{0,13}{8,95}$	$\frac{1,3}{14,9}$
Травмы, отравления	65	$\frac{7,8}{214,4}$	$\frac{6,4}{120,7}$	$\frac{4,2}{101,4}$	$\frac{15,4}{279,1}$	$\frac{7,0}{135,4}$
Итого, по всем болезням	77	$\frac{73,8}{1068,9}$	$\frac{80,6}{981,2}$	$\frac{67,5}{685,7}$	$\frac{115,2}{1365,2}$	$\frac{77,2}{1150,3}$
Освобождение от работы в связи с карантинном (за 2020 г.)	82	–	$\frac{9,0}{92,3}$	$\frac{11,1}{101,5}$	–	$\frac{10,6}{109,5}$

\* указанные заболевания (1–2 случая в год) на ЖБИ учитывались в графе «Прочие болезни».

Наиболее высокие уровни заболеваемости отмечены на ПМО — 115,2 случая и 1365,2 дня ВН; затем АП — 80,6 случая и 981,2 дней ВН, предприятие МС — 77,2 случая и 1150,3 дня, далее следовали ЖБИ, на котором трудовые потери по болезням составили 73,8 случая и 1068,9 дня, и ТЭЦ — 67,5 случая и 685,7 дня на 100 работающих. В соответствии со шкалой Ноткина уровень заболеваемости с ВН по числу случаев оценен как «выше среднего» по предприятию ПМО, «средний» — по АП и «ниже среднего» — на предприятиях ТЭЦ, ЖБИ и МС. Показатель числа дней временной нетрудоспособности оценен как «высокий» на ПМО и «выше среднего» — на предприятиях МС и ЖБИ, «средний» — по АП, «ниже среднего» — на ТЭЦ.

По всем обследованным предприятиям первое ранговое место по числу случаев ВН занимают болезни органов дыхания: от 27,4 случая (ТЭЦ) до 39,8 случая (ПМО). Второе место занимают «Некоторые инфекционные и паразитарные болезни» (строка 01 отчетной формы по ВН), включая инфекционное заболевание, вызванное вирусом SARS-CoV-2 (далее — Covid-19): от 12,2 случая (АП) до 27,0 случаев (ПМО), на третьем месте — болезни костно-мышечной системы — от 4,5 случая на ТЭЦ до 12,8 случая по АП. Показатели ВН в связи с травмами находятся на четвертом ранговом месте, и на пятом — болезни органов кровообращения, среди которых наиболее часто отмечены болезни, связанные с повышенным артериальным давлением.

В целом, распределение, структура заболеваемости на обследованных предприятиях достаточно характерны, и если исключить трудовые потери, связанные с Covid-19, то такое распределение наиболее часто наблюдается при анализе ЗВУТ, когда первое ранговое место занимают болезни органов дыхания, второе место принадлежит заболеваниям костно-мышечной системы, и на третьем месте — трудовые потери, связанные с травмами; однако на предприятиях машиностроения травмы нередко занимают второе место. Болезни системы кровообращения достаточно часто располагаются на четвертом месте. Указанные заболевания составляют, как правило, не менее 80% всех трудовых потерь по болезням. Отметим, что на структуру ЗВУТ оказывают влияние разные факторы, например, состав работников по возрасту, число женщин-работниц и иное, и тогда трудовые потери, например, в связи с уходом за больными, могут занимать второе, а иногда и первое место в структуре ВН. Для сравнения укажем, что в 2016 г. заболеваемость с ВН по республике составила 75,0 случаев и 854 дня, в том числе болезни органов дыхания — 34,3 случая и 253 дня, болезни костно-мышечной системы — 10,4 случая и 123 дня, травмы — 8,0 случаев и 167,8 дня, болезни органов кровообращения — 4,9 слу-

чая и 74,5 дня на 100 работающих [1]. Сравнивая эти данные с результатами нашего исследования, видно, что и структура, и показатели ЗВУТ по основным заболеваниям работников пяти предприятий и приведенным статистическим данным практически не отличаются, за исключением более высоких показателей заболеваемости на ПМО.

Следует отметить роль Covid-19 в формировании ЗВУТ. Обращают внимание различия в подходах отнесения данного инфекционного заболевания к какому-либо классу болезней, что требует более унифицированных подходов к их классификации. В начальном периоде случаи заболеваний, вызванных этим вирусом, регистрировались в разных строках отчетной формы, например, в строках с кодами «01» и «04», «31» и «32», а также «82». С 2020 г. случаи Covid-19 в основном вносились в строку «01» («Некоторые инфекционные и паразитарные болезни») и/или «04» («Другие инфекционные и паразитарные болезни»), а случаи контакта первого уровня, а также карантина, ассоциированные с Covid-19, — в строку «82» отчетной формы. Показатели Covid-19 составляли на предприятиях от 12,2 до 27,0 случаев и от 103,3 до 360,1 дня ВН; кроме того, по строке с кодом «82» отчетной формы, ВН по АП, МС и ТЭЦ данные показатели составляли от 9,0 до 11,1 случая и от 92,3 до 109,5 дня на 100 работающих. Отметим, что на ЖБИ и ПМО данные в строке «82» отсутствуют, но на этих предприятиях более высокое число случаев Covid-19 (19,6 и 27,0) указано в строке «04»; по трем остальным предприятиям — от 12,2 до 19,8 случая. По автобусному парку статистика Covid-19 отражена в строке «04» (12,2 случая и 245,2 дня ВН), и кроме того, в строке «82» указаны показатели: 9,0 случаев и 92,3 дня ВН, как и на ТЭЦ: 19,8 случая и 103,3 дня по строке «04» и 11,1 случая и 101,5 дня по строке «82». На предприятии МС в строке «04» указано 14,9 случая и 310,3 дня, а по строке «82», соответственно, 10,6 случая и 109,5 дня ВН. На предприятии ПМО данные по Covid-19 отражены только в строке «04»: 27,0 случаев и 275,3 дня. В целом высокий уровень заболеваемости Covid-19, занимающей по числу случаев и дней ВН второе место среди всех заболеваний, требует, с учетом неблагоприятного прогноза распространения этой инфекции, разработки дополнительных превентивных мер.

Обращает внимание и следующее. По АП число случаев острых респираторных инфекций, строка «32» (далее — ОРИ), в 2020 г. по сравнению со средним числом случаев ОРИ за 2016–2019 гг. увеличилось в 1,5 раза — с 31,5 до 48,1 случая и с 244 до 547 дней ВН (в 2,2 раза), по предприятию ПМО за этот же период рост числа случаев составил 1,42 раза и 2,08 раза по дням ВН, по ТЭЦ число случаев ОРИ в 2020 г. выросло в 1,50 раза и число дней в 1,81 раза по сравнению с периодом 2016–2019 гг. Аналогично по ЖБИ число случаев ОРИ возросло в 2020 г. в 1,60 раза и число дней ВН — в 2,08 раза. В этой связи, на наш взгляд, не исключено, что некоторые случаи Covid-19, особенно на ранних стадиях развития пандемии, учитывались как, например, тонзиллофарингит и иные, также по строке ОРИ, что следует учитывать при анализе возможных изменений ЗВУТ по ОРИ и в целом по классу «Болезни органов дыхания» (строка «31»).

Анализ полученных данных показал, что средние показатели дней ВН за период 2016–2019 гг. и аналогичные показатели за 2020 г. по предприятиям оказались равны соответственно: по ЖБИ 1170 и 1801 дней ВН, по АП 975 и 1498 дней, ТЭЦ — 582 и 1133 дня, ПМО — 1064 и 1979 дней, у работников МС — 846 и 1445 дней; среднегодовые данные ВН за 2016–2019 гг. составили 921 день, а за 2020 г. — 1571 день, и в целом ввиду Covid-19 трудопотери среди работников обследованных предприятий в 2020 г. выросли в 1,7 раза по сравнению со средними показателями ЗВУТ за 2016–2019 гг.

Одной из важных задач при анализе ЗВУТ, как правило, является установление связи между неблагоприятными условиями труда и показателями состояния здоровья работников. Наиболее корректные сведения можно получить при проведении полицейского анализа ЗВУТ, учитывающего ряд факторов, включая условия труда, влияющие на заболеваемость работников. Анализ ЗВУТ по данным отчетной документации значительно снижает такие возможности. Однако и по полученным нами данным можно предположить, например, что наиболее высокие показатели ВН у работников АП по болезням костно-мышечной системы — 12,8 случая на 100 работников (по остальным предприятиям от 4,2 до 11,1 случая), могут быть обусловлены неудобной, вынужденной рабочей позой у водителей. Следует отметить, что высокий уровень занятости в неблагоприятных условиях труда работников ПМО, особенно при интенсивном уровне шума, занятости в условиях влияния не одного, а двух-трех и более факторов условий труда, уровни которых выше гигиенических нормативов, может быть одной из причин наиболее высокого уровня заболеваемости работников ПМО — 115,2 случая ВН, тогда как на остальных обследованных предприятиях число случаев составляет от 67,5 до 80,6 на 100 работающих; наконец, на ПМО за изучаемый период зарегистрировано три профессиональных заболевания, тогда как за этот же период на МС — один случай, на трех остальных предприятиях случаи профессиональных заболеваний за этот же период не регистрировались. В этой связи под-

черкнем, что в большинстве случаев только на основе метода полицевого, углубленного анализа, возможно установление этиологических связей с условиями труда и производственной обусловленности выявляемой патологии у работников.

Анализ динамики показателей трудопотерь по обследованным предприятиям за пять лет не выявил значимых и достоверных изменений, как в сторону увеличения, так и снижения показателей заболеваемости в отдельные годы. Исключение составляют значительный рост по всем обследованным предприятиям в 2020 г. трудопотерь, связанных с Covid-19, а также острых респираторных инфекций.

Таким образом, проведенный анализ ЗВУТ позволил определить уровни и структуру трудопотерь по ВН на пяти обследованных предприятиях, выделить некоторые заболевания, которые могут быть связаны с работой, условиями труда. Приведены данные, показывающие высокий уровень нарушений состояния здоровья, связанных с Covid-19 у работников, что свидетельствует о необходимости разработки дополнительных мер профилактики. Показано, что анализ ЗВУТ по данным форм отчетности и на основе полицевого, углубленного анализа является важным и значимым популяционным методом оценки состояния здоровья работающих, при этом оба метода имеют свои особенности и преимущества, взаимно дополняя друг друга.

## Литература

1. Сеть, кадры организаций здравоохранения и заболеваемость населения в Республике Беларусь за 2016 год: статистический бюллетень / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2017. — 51 с.

Поступила 14.09.2022

## НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ОСТЕОПЕНИЧЕСКОМ СИНДРОМЕ У ГОРНОРАБОЧИХ

*Климкина К.В., klimkinakv@fferisman.ru,  
Лапко И.В., д.м.н., lapkoiv@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Горнодобывающее производство — одно из самых перспективных и востребованных направлений в настоящее время. Однако воздействие вибрационного фактора на рабочих, занятых в этой отрасли, связано с развитием остеопении и остеопороза вследствие изменения микроархитектоники костной ткани. Развитие переломов и длительность реабилитационного периода оказывает негативное влияние на качество жизни и профессиональную пригодность рабочих. В связи с этим развитие профилактического, диагностического и лечебного направлений в комплексном подходе определения объективного статуса здоровья лиц, профессиональная деятельность которых связана с вибрацией, является первостепенной задачей.

Остеопороз представляет собой наиболее часто регистрируемое заболевание костной системы, основным проявлением которого является уменьшение массы костной ткани в единице ее объема, приводящий к хрупкости и переломам костей [1].

В настоящее время смертность в результате прогрессирования остеопороза и развития его осложнений среди неинфекционных заболеваний занимает четвертое место, уступая лишь сердечно-сосудистым заболеваниям, онкологии, сахарному диабету.

Социально-экономическая значимость патологии определяется еще и тем фактором, что количество пациентов достигает 200 миллионов человек; ежегодно происходит более 1,66 миллиона переломов бедра [2].

Переломы шейки бедра являются наиболее тяжелыми: смертность среди таких пациентов составляет приблизительно 10–45 % в течение первого года, почти 20 % — нуждаются в длительном уходе; до двух третей пациентов не восстанавливают прежний уровень функции или подвижности даже после длительной реабилитации.

Физические, психологические и социальные последствия переломов оказывают сильное негативное влияние на качество жизни пациентов с остеопорозом.

Для формирования вторичного остеопороза огромное значение имеют модифицируемые факторы риска: избыточный вес, курение, употребление алкоголя, отсутствие физической активности, дефицит кальция в пище, длительное использование глюкокортикоидов, вид профессиональной деятельности. Так, в последние годы удельный вес профессиональных заболеваний, связанных с воздействием физических факторов, составил 36,8%, из них вибрационная болезнь — 38,2%.

Вибрационная болезнь в условиях современного горнодобывающего производства остается одной из ведущих форм профессиональной патологии по распространенности и снижению трудоспособности в связи с развитием остеопении и остеопороза [3].

Остеопения и остеопороз являются метаболическими изменениями, которые приводят к уменьшению микроархитектоники кости, хрупкости костей и увеличению риска переломов у пациентов, профессиональная деятельность которых связана с локальной и общей вибрацией. Сохранение профессионального здоровья работающего населения, снижение заболеваемости и травматизма являются важной медико-социальной проблемой в масштабах всех отраслей промышленности. В связи с этим раннее выявление остеопении и проведение лечебно-профилактических мероприятий позволят избежать развития остеопороза и сохранить профориентированность.

В данной работе проанализированы литературные данные, посвященные вопросам развития остеопенического синдрома у рабочих виброопасных профессий.

Воздействие вибрации нарушает основные структурно-функциональные механизмы гомеостаза различных уровней, что способствует формированию патологических нарушений в ведущих звеньях нейрогормональной регуляции, изменению показателей углеводного, липидного и минерального обменов.

Наибольшие значения доз вибрации зафиксированы среди проходчиков и горнорабочих очистительного забоя, составляя 132,8–136,1 дБ (по сравнению с профессиональными машинистами буровых установок и погрузочно-доставочных машин: 123,4 и 115,7 дБ соответственно).

В некоторых исследованиях было отмечено, что остеопения у проходчиков, занятых добычей медно-цинковых колчеданных руд подземным способом, регистрируется в 3,6 раза чаще по сравнению с группой лиц, профессиональная деятельность которых не связана с воздействием вредных факторов.

Результаты исследований подтверждают влияние производственной вибрации на развитие остеопенического синдрома, который формируется за счет нарушения костеобразования с преобладанием резорбтивных процессов [4]. При этом выраженность остеопенического синдрома зависит от суммарных стажевых доз локальной и общей вибрации в профессиональных группах рабочих и усугубляется по мере прогрессирования вибрационной патологии.

В связи с этим у рабочих таких специальностей должен быть использован комплексный подход к диагностике, предполагающий проведение неврологического обследования, оценку состояния костно-мышечного и связочного аппаратов, показателей периферической крови, биохимических маркеров, иммунного статуса, определение содержания в моче креатинина и кальция, использование инструментальных методов обследования — ультразвуковой денситометрии, рентгенографического исследования костной ткани [4].

Оценка маркеров костной резорбции и костеобразования включает изучение уровня остеокальцина в крови (белок, состоящий из 49 аминокислот, вырабатываемый остеобластами), щелочной фосфатазы (маркера костеобразования). Среди маркеров костной резорбции выделяют следующие: ионизированный кальций крови, соотношение кальция и креатинина в утренней порции мочи. Кроме того, важное значение в биохимическом анализе крови должно быть уделено содержанию фосфора и общего кальция; в суточном биохимическом анализе мочи — уровню кальция, фосфора, креатинина.

Выполнение рентгенологического обследования грудного, поясничного отделов позвоночника, кисти позволяет оценить такие патологические состояния, как остеопороз, переломы тел позвонков.

В настоящее время существует объективный метод количественной оценки минеральной плотности костей и выраженности остеопороза — остеоденситометрия.

Для раннего выявления остеопенического синдрома может быть рекомендовано проведение ультразвуковой денситометрии (лучезапястной, пяточной костей), которая экономически выгодна, не содержит ионизирующего излучения и достаточно проста в обращении. Оценка использования ультразвуковой денситометрии в нескольких зарубежных исследованиях свидетельствует о том, что с ее помощью можно классифицировать рабочих на пациентов с низким и высоким рисками развития остеопороза и в зависимости от этого определять необходимость проведения остеоденситометрии [5].

В работе отечественных исследователей Суховой А.В. и соавт., 2018 г., было продемонстрировано, что начальные проявления вибрационной болезни у рабочих уже сопровождаются снижением минеральной плотности костной ткани [3]. Также исследователями была отмечена корреляционная

связь между клинико-функциональными и клинико-лабораторными показателями с длительностью воздействия вибрационного фактора, лабораторными показателями щелочной фосфатазы, остеокальцина, соотношения кальций/креатинин ( $r=0,72-0,85$ ).

В работе других авторов установлена высокая частота костно-дистрофических нарушений с ранним формированием остеопении у горнорабочих при работе на ручных перфораторах, условия труда которых характеризовались комплексным воздействием вредных производственных факторов (локальная вибрация, шум, тяжесть труда, неблагоприятный микроклимат, отсутствие естественного освещения) и дополнительного усугубляющего фактора в виде ксенобиальной нагрузки токсичными металлами, содержащимися в рудничной пыли.

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что достаточное внимание уделяется проведению профилактических мероприятий для работников виброопасных специальностей. Их основная задача — предупреждение развития патологических изменений костной ткани. Выделяют следующие направления: гигиеническое, санитарно-техническое и медико-профилактическое.

Важная роль должна отводиться выполнению и анализу данных рентгенологического и лабораторных исследований (маркерам костного метаболизма) при проведении предварительных и периодических медицинских осмотров, особенно среди работников старше 50 лет со стажем работы с воздействием вибрации 15 лет и более.

Мероприятием по предупреждению развития остеопении и остеопороза является пропаганда здорового образа жизни с расширением двигательной активности, исключением вредных привычек, нормализацией питания. Выбор конкретных профилактических, лечебно-реабилитационных методов определяется формой патологии, тяжестью течения заболевания, степенью выраженности функциональных нарушений, наличием и характером сопутствующей патологии.

Таким образом, остеопенический синдром, сопровождающийся изменением микроархитектоники костной ткани и ее разрежением у рабочих виброопасных профессий, является главной проблемой, предупреждение которой сохранит профессиональную ориентированность и качество жизни.

## Литература

1. Остеопороз у пожилых пациентов / Е.Н. Дудинская [и др.] // Остеопороз и остеопатии. — 2019. — Т. 22, № 3. — С. 34–40.
2. Impact of fractures on quality of life in patients with osteoporosis: a US cross-sectional survey / D.T. Gold [et al.] // Journal of Drug Assessment. — 2019. — Vol. 8, № 1. — P. 175–183.
3. Сухова, А.В. Оценка состояния костной ткани у рабочих виброопасных профессий / А.В. Сухова, Е.Н. Крючкова // Гигиена и санитария. — 2018. — Т. 97, № 6. — С. 542–546.
4. Сравнительный анализ эффективности различных схем лечения диффузного остеопороза у пациентов с вибрационной болезнью / Е.Е. Алешечкина [и др.] // Проблемы стандартизации в здравоохранении. — 2014. — № 5–6. — С. 26–31.
5. Pre-screening for osteoporosis with calcaneus quantitative ultrasound and dual-energy X-ray absorptiometry bone density / C.C. Yen [et al.] // Sci Rep. — 2021. — Vol. 11, № 1. — P. 15709.

Поступила 28.09.2022

## СТАНОВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ

Косяченко Г.Е., д.м.н., доцент, [gek.vod@tut.by](mailto:gek.vod@tut.by),  
Шевляков В.В., д.м.н., профессор, [shev-vitaliy@mail.ru](mailto:shev-vitaliy@mail.ru),  
Итпаева-Людчик С.Л., к.м.н., [itpaeva.ludchik@gmail.com](mailto:itpaeva.ludchik@gmail.com),  
Богданов Р.В., к.м.н., [7\\_rus@tut.by](mailto:7_rus@tut.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Международная организация труда еще в 1980 г. сформулировала основную цель профессиональной медицины как «Обеспечение и сохранение наивысшей степени физического, духовного и социального благополучия рабочих всех профессий», тем самым впервые в международном масштабе подчеркнул не только профилактический, но и социальный характер этой области медицинской науки.

Гигиена труда как неотъемлемая часть профилактической медицины, специализированное научное и научно-практическое направление начинала свой путь с XV–XVI вв., когда наиболее передовые ученые и мыслители того времени обращали внимание на тесную связь между условиями труда ремесленников, рабочих и состоянием их здоровья.

Развитие гигиены труда было неразрывно связано с прогрессом техники и культуры, накоплением новых знаний об особенностях здоровья рабочих. Уже при Петре I в «Регламенте для мануфактур» указывалось, что «коллегии надлежит крепко смотреть, чтобы фабрикант порядочно содержал мастеровых...». Выдающаяся роль в развитии гигиены труда принадлежит первому профессору гигиены Московского университета Федору Эрисману и его книге «Профессиональная гигиена или гигиена умственного и физического труда» (1877 г.), которая явилась, по сути, первым отечественным руководством по гигиене труда.

Широкую известность и неограниченный вклад в развитие гигиены труда как науки внесли работы российских ученых: Г.В. Хлопина, В.А. Левицкого, И.М. Сеченова, А.А. Ухтомского, М.И. Виноградова, Н.В. Лазарева, Н.С. Правдина, А.А. Летавета, Е.Ц. Андреевой-Галаниной и многих других, заложивших научные и методические основы гигиены труда как дисциплины, придавшие ей комплексную направленность в решении практически всех вопросов охраны здоровья работающих.

Сохраняя историческую преемственность, гигиенисты нашей республики также развивали основополагающие направления науки и внесли достойный вклад в решение многих гигиенических вопросов в промышленности и сельском хозяйстве.

В 1930-е гг. в республике был создан институт охраны труда в системе Наркомтруда Белоруссии. Коллектив его занимался вопросами охраны труда в дрожже-винокурной, кожевенной, спичечной и торфяной промышленности. К 1936 г. тематика института приняла экономическую направленность, а гигиенические исследования перешли в санитарно-гигиенический институт, существовавший в республике с ноября 1927 г. Созданным при институте отделом промышленной гигиены проводилось изучение условий труда в стекольной, швейной, щетинно-щеточной, обувной, кожевенной, торфяной промышленности, разрабатывался и внедрялся широкий спектр оздоровительных мероприятий. Деятельность отдела, как и всего института, была прервана войной.

В послевоенные годы основное внимание гигиенистов отдела было сосредоточено на изучении условий труда на крупных предприятиях республики, и прежде всего машиностроения, на льнозаводах, на кирпичных заводах, решении гигиенических проблем индустриализации и химизации в сельском хозяйстве. Проводимые работы стали носить комплексный характер и выполнялись совместно с подразделениями санитарной химии, коммунальной гигиены, физиологии, токсикологии и другими научно-практическими подразделениями института. Работы, выполненные А.М. Раскиным, Е.И. Загорской, Н.С. Иргер, Г.И. Пашковской, затем А.Ф. Селезевым, В.С. Бодяко, Р.Ф. Лесневским, С.Ю. Буслевичем и многими другими, широко использовались врачами санэпидстанций республики, специалистами других профессий при проведении оздоровительной работы на Минском тракторном заводе, «Гомсельмаше», заводе «Ударник», на предприятиях связи, строительных материалов, легкой промышленности, торфодобычи, в сельском хозяйстве при контроле за применением ядохимикатов и т.д. Разработка и внедрение обоснованных оздоровительных мероприятий позволили значительно улучшить условия труда на ряде предприятий. Снизились концентрации вредных веществ и пыли в воздухе рабочих помещений, был механизирован ряд трудоемких и опасных процессов, изменены или изолированы некоторые вредные технологические процессы, уточнено и документально обосновано для многих производств обеспечение рабочих мест санитарно-техническим оборудованием.

Важно, что в этот период гигиенические исследования имели прямой выход в производство, использовались при обосновании льгот и компенсаций работникам отрядов по защите растений, подготовки многих методических рекомендаций и указаний (по гигиене труда при электросварке, торфоразработке, применению минеральных удобрений и ядохимикатов в сельском хозяйстве и др.).

Особое место занимали исследования по гигиене труда работников производства стекловолокна. Проводимые работы под руководством профессора А.Т. Сиденко в комплексе с отделом токсикологии (Г.И. Черкасова, Л.М. Бондаренко), кафедрой профпатологии БелГИУВ (Г.Г. Захаров, Н.А. Скепьян, В.Х. Романов) позволили оценить реальную опасность технологических процессов и оборудования, обосновать гигиенические требования и санитарно-технические рекомендации к проектированию и содержанию заводов стекловолокна и стеклопластиков, по расширению списков вредных профессий. Это направление затем было успешно подхвачено и углублено профессором В.В. Шевляковым, доцентом В.А. Филонюком.

В конце 1960-х — первой половине 1970-х гг. санитарной службой республики вместе с учеными-гигиенистами проводились исследования и реализовывался ряд мер по улучшению условий труда на предприятиях строительных материалов (Б.А. Вилисов, И.Г. Целуйко, Н.М. Кучинская и др.). По-

лученные данные использовались для подготовки рекомендаций к проектированию новых производств строительной индустрии, составления санитарных правил для производства аглопорита, теплоизоляционных материалов и др.

Разведанные в республике в 1949 г. крупнейшие запасы калийных руд и создание на базе Старобинского месторождения гиганта горнохимической промышленности ПО «Беларуськалий» выдвинули необходимость своевременной гигиенической оценки внедряемой техники и технологии, новых технологических процессов добычи и обогащения минерала сильвинита, улучшения условий труда рабочих этой новой для страны отрасли горно-химического производства. Исследования кандидатов медицинских наук Р. Ф. Лесневского, А. И. Астахова, Г. Е. Косяченко, А. С. Богдановича и многих других ученых и специалистов института касались изучения условий труда и состояния здоровья, работающих при разных способах механизированной выемки руд, обогащения и получения калийных минеральных удобрений, позволили выявить основные неблагоприятные факторы и определить пути и методы профилактики их вредного влияния на организм. Полученные данные использованы в обосновании ПДК минерала сильвинита для воздуха рабочей зоны, положены в основу ряда методических рекомендаций, гигиенических требований, указаний и санитарных правил для отрасли.

В целом для периода 1970–1980-х гг. характерным являлось то, что исследования по проблемам гигиены труда в республике тесно увязывались с общесоюзной тематикой, госпрограммами, многие гигиенические разработки белорусских ученых успешно внедрялись на предприятиях бывшего Советского Союза. В первую очередь это были работы по проблемам гигиены труда работающих на предприятиях производства стеклянных, искусственных и синтетических волокон (А. Т. Сиденко, В. В. Шевляков, Т. Ю. Бончковская, И. И. Серко, В. М. Лисицин, К. С. Ляшенко, Т. В. Новицкая и др.), калийных и фосфорсодержащих минеральных удобрений (Г. Е. Косяченко, А. А. Ашельрод, Г. И. Тишкевич, Р. Д. Клебанов и др.), торфопереработки (В. С. Бодяко, З. Н. Павлютина и др.). Специалисты и ученые института участвовали в подготовке ряда союзных нормативных документов, которые, кстати, в переработанном виде используются в практике госсаннадзора и по сей день (это СанПиН по стройматериалам, добыче и обогащению рудных и нерудных материалов, по стекловолокну и некоторые другие). Была налажена и успешно действовала система информационного обмена, подготовки научных кадров. Наши ученые, участвуя в работе союзной проблемной комиссии по гигиене и ее секций, обсуждали важнейшие вопросы развития гигиенической науки и практики, обменивались передовым опытом проведения гигиенических, эпидемиологических и экспериментальных исследований.

Распад бывшего Союза в начале 1990-х гг. тяжело отразился на работе всех отраслей белорусской промышленности, других сфер деятельности, в том числе нашей гигиенической науки и здравоохранения в целом. Республика осталась с минимальной научной базой, заметно стал ощущаться информационный голод, в связи с разработкой национальных законов стремительно устаревала нормативно-методическая база, за рубежом оказались ведущие научно-исследовательские институты гигиены труда. В этих условиях необходимо было не утратить и не потерять накопленный опыт и основные научные кадры, развивать те направления, которые определялись насущными потребностями госсаннадзора республики, вести научные исследования на основе тесной кооперации как в институте, так и с учеными других научных подразделений страны и, что очень важно — со специалистами практического здравоохранения.

За десятилетний период были подработаны основные положения Концепции развития медицины труда в республике, совершенствовалась и развивалась нормативная база в области гигиены труда и промышленной санитарии, выполнялись научные исследования в рамках отраслевых и социальных заказов Министерства здравоохранения республики.

Были налажены и развивались творческие контакты с управлением науки Министерства труда и соцзащиты Беларуси (в последующем — НИИ труда Минтруда и соцзащиты РБ), Государственной экспертизой условий труда и ее областными отделениями. В решении практических вопросов внедрения разработок основной упор сосредотачивался на службы охраны труда и техники безопасности самих предприятий, региональные центры гигиены и эпидемиологии. Активизировалась роль профсоюзных органов в улучшении условий труда на предприятиях, участии их в формировании запросов к научным подразделениям НИИ санитарии и гигиены по проблемам профессиональной гигиены и охраны труда.

Особое внимание в научном плане уделялось разработке и использованию адекватных профилактических мер на предприятиях с неудовлетворительными условиями труда, современным методам оценки воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на состояние здоровья работающих. Выполненные работы по предприятиям деревообработки, электроэнергетики, машиностроения, соляным производствам (О. Г. Зезюля, Г. Е. Косяченко, Р. Д. Клебанов, С. Л. Итпаева-Людчик, Г. И. Тишкевич), льнопереработки (В. М. Ковалев, И. И. Юркова, Б. А. Вилисов), агропромыш-

ленности — птицеводства и животноводства, зернохранения и зернопереработки, производства комбикормов, хлебо- и крупяных продуктов (В.В. Шевляков, А.И. Олефир, Г.И. Эрм, Н.А. Ивко, Л.М. Сычик, Е.В. Чернышова, С.А. Ушков и др.), производства шерстяных волокон и изделий из них (И.П. Семенов, Л.М. Бондаренко) позволили обосновать и разработать соответствующие отраслевые гигиенические требования и нормы, меры по улучшению условий и медико-санитарному обслуживанию работающих.

В рамках создания основ социально-гигиенического мониторинга состояния здоровья работающих и качества производственной среды совместно с учреждениями госсаннадзора были обоснованы требования к лабораторному контролю факторов производственной среды, разработана и внедрена программа АИС «Производственная среда и здоровье работников» (З.Н. Павлютина, О.Г. Зезюля, В.В. Гринь, А.В. Ракевич и др.).

Дифференцированная оценка реакции организма в калийных рудниках, установленные стабильные гигиенические параметры среды вне добычных участков (соляной аэрозоль, температурно-влажностный режим, общая бактериальная обсемененность воздуха и др.) позволили гигиенистам центра теоретически обосновать, научно и практически обеспечить подготовку проекта и сопровождение строительства и эксплуатации подземного комплекса спелеолечения — ЛПУ «Республиканская больница спелеолечения» в г. Солигорске, тем самым в практику здравоохранения республики был внедрен новый и эффективный метод спелеотерапии аллергических заболеваний органов дыхания (Г.Е. Косяченко, Н.А. Скепьян, Г.И. Тишкевич, А.С. Богданович, В.И. Талапин и др.). В последующем, ввиду ограничений пребывания людей в подземных условиях спелеолечебницы, гигиенистами труда и другими специалистами (Г.Е. Косяченко, Е.А. Николаева, Г.И. Тишкевич, Н.В. Дудчик, Н.В. Сидорцова, О.Г. Зезюля и др.) на основе комплекса гигиенических и санитарно-эпидемиологических исследований были разработаны гигиенические требования и нормативы параметров факторов искусственной спелеосреды наземных гало- и спелеоклиматических камер из отечественных соляных материалов, меры поддержания параметров факторов спелеосреды в установленных гигиенически допустимых параметрах, а также предложен комплекс профилактических и корректирующих мероприятий по поддержанию и восстановлению качественных и количественных характеристик среды, по сохранению и поддержанию лечебных свойств наземных гало- и спелеоклиматических камер, обеспечивающих необходимый терапевтический эффект.

Важное место уделялось вопросам изучения состояния условий, охраны труда и здоровья работающих женщин (А.Т. Сиденко, Р.Д. Клебанов, Е.В. Шагун). Итогом завершённых НИР по данной проблеме в середине 1990-х гг. явилось научное обоснование комплекса показателей и критериев безопасного труда женщин в период беременности с разработкой соответствующих нормативных и методических документов.

На этапе 2004–2006 гг. учеными-гигиенистами на основе комплексных исследований решены отдельные вопросы технического регулирования предоставления компенсаций работникам в связи с условиями труда по проблемам выдачи лечебно-профилактического питания (Г.Е. Косяченко, Г.И. Тишкевич, Н.А. Ивко, И.П. Щербинская, Х.Х. Лавинский и др.), предоставления дополнительных отпусков в связи с условиями труда (Р.Д. Клебанов, Г.Е. Косяченко, А.В. Ракевич, Ю.А. Лашнец).

В этот период решалась также важнейшая задача по классификации работ по степени их вредности и опасности, обусловленная общественными запросами в сфере управления трудом, запросами практического здравоохранения, поскольку санитарная служба нуждалась в нормативном документе, позволяющем оценивать реальные производственные ситуации при несоблюдении гигиенических требований и норм, для решения задач приоритетности в проведении оздоровительных мероприятий, оценки эффективности результатов и прогноза здоровья трудовых коллективов. Усилиями ученых-гигиенистов ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены» (Г.Е. Косяченко, Р.Д. Клебанов, О.Г. Зезюля, И.В. Суворова, Л.В. Половинкин, В.В. Шевляков, С.С. Худницкий, С.Л. Итпаева-Людчик и многие другие), профильных специалистов ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», областных центров гигиены и эпидемиологии подготовлены Санитарные правила и нормы 11–6–2002 «Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса (Гигиеническая классификация условий труда)» (утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 74 от 9 октября 2002 г.). В последующем на основе российского документа «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» основополагающий белорусский документ был переработан в Санитарные правила и нормы «Гигиеническая классификация условий труда» (утверждены и введены в действие постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 176 от 20.12.2007, согласованы Министер-

ством труда и социальной защиты Республики Беларусь от 10.12.2007 № 10–02–16/1630). В 2012 г. принята последняя актуализированная редакция Санитарных правил и норм «Гигиеническая классификация условий труда», которые являются важнейшим гигиеническим документом, позволяющим комплексно дать оценку чрезвычайно разнородным факторам производственной среды на рабочих местах, принимать на современном уровне знаний решения по оценке профессиональных рисков, управлению здоровьем трудовых коллективов.

В 2000-х гг. в Центре начинает развиваться новое для республики направление комплексных исследований — светогигиена. Проводятся комплексные исследования по установлению закономерностей формирования потока ультрафиолетового излучения различных источников и особенностей его влияния на состояние здоровья работников с соответствующей разработкой профилактических мероприятий (С.Л. Итпаева-Людчик, Р.Д. Клебанов).

В последние годы совместно с республиканским научно-производственным Центром светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси проведены исследования в решении комплекса гигиенических вопросов при использовании светодиодных источников света в различных сферах деятельности человека (А.Ю. Баслык, В.А. Коноплянко, С.Л. Итпаева-Людчик и др.). Разработаны и утверждены методические подходы по гигиенической оценке показателей искусственной световой среды в помещениях зданий и сооружений, проведены исследования по оценке функционального состояния организма при применении светодиодного оборудования и другие.

Комплексные гигиенические исследования условий труда и заболеваемости работающих на предприятиях строительных изделий республики (Г.Е. Косяченко, Е.А. Гутич, А.В. Гиндюк, Г.И. Тишкевич и др.) позволили усовершенствовать методические подходы к гигиенической оценке воздуха рабочей зоны, загрязненного аэрозолями минеральных волокон (с учетом респираторной фракции пыли, определяющей канцерогенные риски, и общей массы взвешенных частиц, определяющей фиброгенную опасность), разработаны гигиенические нормативы и сформированы гигиенические требования по безопасному осуществлению работ, профилактике неблагоприятного воздействия аэрозолей минеральных волокон на здоровье работающих и достижения приемлемого уровня профессионального риска.

По разделу промышленной токсикологии разрабатывались современные подходы токсикологической оценки и гигиенического нормирования в производственной среде новых химических веществ и композиций, выполнялись углубленные экспериментальные исследования по гигиеническому регламентированию и установлению ПДК ряда природных и синтетических изопреноидов (Л.В. Половинкин, И.А. Чайковская, Е.С. Юркевич), полимерных и искусственных строительных и композитных материалов, наноматериалов и лекарственных средств (Ю.А. Соболев, Р.В. Богданов, В.М. Василькевич и др.). Совместно с гигиенистами труда впервые были разработаны критерии классификационной оценки аллергенной активности и опасности промышленных химических веществ и композиций, интегральной оценки алергоопасности условий труда, требования по обоснованию ПДК химических аллергенов в воздухе рабочей зоны и атмосферы, медицинскому отбору работников на алергоопасные производства (В.В. Шевляков, Г.И. Эрм, Е.А. Селезнев, В.А. Филонюк и др.).

Получило развитие направление гигиенического нормирования производственных биологических факторов. Приоритетом белорусских ученых-гигиенистов явилось формирование научной концепции и разработка методологии объективного обоснования ПДК в воздухе рабочей зоны разных видов промышленных аэрозолей животного, растительного и смешанного происхождения по ведущему вредному алергическому и/или иммунотоксическому действию на организм белково-антигенного комплекса пыли (В.В. Шевляков, Г.И. Эрм, Л.М. Сычик, С.И. Сычик, Е.В. Чернышова, С.А. Ушков и др.). На этой основе к настоящему времени уже разработаны и утверждены гигиенические нормативы 12 видов пыли животного и 10 видов пыли растительного происхождения. Создана современная инновационная методология гигиенического нормирования содержания в воздухе рабочей зоны аэрозолей промышленных штаммов микроорганизмов и микробных препаратов, в том числе в сухой и сублимированной формах, разработки аттестованных методик измерения их концентраций в воздухе (В.А. Филонюк, Н.В. Дудчик, В.В. Шевляков, Т.С. Студеничник, А.А. Кузкова и др.).

С учетом государственной политики импортозамещения в республике высокими темпами развивается фармацевтическая промышленность (среднегодовые темпы прироста производства фармпрепаратов за последние 5 лет составили 17,3%), что обусловило необходимость развертывания токсикологических исследований по гигиеническому нормированию в воздухе рабочей зоны и атмосферы фармацевтических субстанций. Только за последние 7 лет в рамках Государственной про-

граммы развития фармацевтической промышленности Республики Беларусь в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» осуществлено обоснование ПДК и классов опасности циклофосамида и гидроксикарбамида, варфарина натрия и золедроновой кислоты (Ю.А. Соболев, П.Н. Лепешко), лизиноприла дигидрата, амброксола гидрохлорида, амлодипина бесилата, азитромицина (Р.В. Богданов, В.М. Василькевич., В.Ю. Зиновкина, Е.В. Чернышова, Г.И. Эрм, А.В. Буйницкая), а также разработаны и метрологически аттестованы методики контроля содержания этих веществ в воздухе рабочей зоны и атмосферы.

Комплектирование ученых и специалистов практического звена госсаннадзора теснейшим образом проявлялось при переработке устаревшей нормативной базы по гигиене труда и промышленной санитарии. В результате с 1994 г. сотрудниками отдела медицины труда совместно со специалистами госсаннадзора издано более 20 сборников нормативных документов по гигиене труда и производственной санитарии, содержащих свыше 160 наименований новых и переработанных СанПиН межотраслевого, отраслевого и факторного характера, ряд указаний и методических рекомендаций, гигиенических регламентов, которые в настоящее время составляют основу национального фонда нормативной документации по предупредительному и текущему госсаннадзору в области гигиены труда.

В последнее десятилетие при совершенствовании системы управления надзорными мероприятиями на республиканском, региональном, зональном уровнях учеными Центра (Г.Е. Косяченко, В.В. Шевляков, Р.Д. Клебанов, Ю.А. Соболев, Г.И. Эрм, В.А. Филонюк, С.Л. Итпаева-Людчик, Е.В. Чернышова, А.В. Гиндюк, Н.Н. Табелева и многие другие) совместно со специалистами органов и учреждений государственного санитарного надзора осуществлялась разработка новых методических подходов и нормативных документов, актуализация существующих технических нормативных правовых актов, регулирующих деятельность санитарно-эпидемиологического надзора и контроля по оценке условий труда, состояния здоровья работающих в Республике Беларусь. В общей сложности в этот период было отработано свыше 70 нормативных и методических документов, которые публиковались основанными в 2008 г. самостоятельными выпусками сборников нормативных документов по медицине труда и производственной санитарии. Эти нормативные производственно-практические издания и по сей день являются настольными книгами для врачей-гигиенистов центров гигиены республики, специалистов по охране труда организаций, экологов, проектных организаций и других заинтересованных ведомств.

Совместно со специалистами практического звена государственного надзора по разделу гигиены труда (В.В. Гринь, А.Л. Зенькович, А.В. Ракевич, З.М. Осос, В.М. Грачева, М.А. Сахарова, Л.Е. Ракевич, О.Р. Магер и др.) осуществлялась реализация положений нормативных актов, предусматривающих изменение порядка проведения контрольных (надзорных) мероприятий в соответствии с требованиями современности, широкого практического использования надзора на основе материалов чек-листа для контроля соблюдения производственным субъектом хозяйствования гигиенических требований, оценку профессиональных рисков на рабочем месте. При совершенствовании системы управления надзорными мероприятиями на республиканском, региональном, зональном уровнях осуществлялась разработка новых методических подходов и нормативных документов, изменение существующих технических нормативных правовых актов, регулирующих деятельность санитарно-эпидемиологического надзора и контроля по оценке гигиенической безопасности условий труда и состояния здоровья работающих в Республике Беларусь.

В решении кардинальных проблем управленческого характера для сохранения здоровья работающего населения республики в течение многих лет была неопределима роль заместителей Министра, Главных государственных санитарных врачей Республики Беларусь А.Г. Пивченко, В.Н. Бурьяка, В.П. Филонова, И.В. Гаевского, отдела гигиены, эпидемиологии и профилактики Министерства здравоохранения (З.М. Поливода, А.И. Кондрусев, В.Г. Жуковский, Ф.А. Германович, Ю.Е. Федоров и др.). С их участием принимались решения по согласованию проектов и вводу в эксплуатацию важнейших производственных комплексов в Могилеве (ПО «Химволокно»), Гомеле (ПО «Гомельский химзавод», ОАО «Белорусский металлургический завод» в Жлобине, ОАО «Беларускабель» в Мозыре), ряда крупнейших производственных объектов в Минске и Минской области и многих других.

Огромное значение в работе по наведению порядка с условиями труда на предприятиях и в организациях, отработке системы предоставления компенсаций и льгот в связи с условиями труда имело тесное комплектирование ученых гигиенистов с Министерством труда и социальной защиты Республики Беларусь (заместители Министра В.В. Король, И.Г. Старовойтов, А.А. Румак, начальники управления охраны труда, департамента государственной инспекции труда Минтруда И.И. Селедевский, Л.А. Гракович, И.А. Карчевский, С.Н. Голян, О.И. Валетко и др.). Только благодаря такому взаимодействию отработывалась и внедрялась современная система аттестации рабочих мест, в основе

которой заложена Гигиеническая классификация условий труда, выполнялись исследования в рамках республиканских Целевых программ по улучшению условий и охраны труда.

Современная социально-экономическая среда в стране характеризуется стремительными изменениями, быстрым развитием новых экономических отношений в обществе, появлением новых технологий производства товаров и услуг. В этих условиях меняются подходы к проведению контрольно-надзорной деятельности, организации медико-профилактической деятельности по предупреждению распространения инфекционных и неинфекционных заболеваний, сохранению и укреплению здоровья населения. Внедрение в государственный санитарный надзор системы управления профессиональными рисками на основе разработанных учеными и практиками методических приемов и оценочных критериев (Г.Е. Косяченко, Р.Д. Клебанов, А.В. Гиндюк, З.М. Осос, А.В. Ракевич и др.), предложений по оценке и методам управления рисками, сформулированных в утвержденных Минздравом Инструкциях по применению, направленных на стимулирование субъектов хозяйствования вести самоконтроль выполнения санитарного законодательства, позволило уменьшить субъективизм оценки санитарно-гигиенического состояния объектов надзорными органами, обеспечить открытость и объективность принятия управленческих решений в отношении субъектов хозяйствования в связи с нарушением санитарного законодательства (З.М. Осос, Е.П. Лазакович, Н.П. Кудрейко, М.А. Сахарова, Л.Е. Ракевич и др.).

В условиях значительного эпидемического подъема заболеваемости респираторными инфекциями в последние годы, в том числе COVID-19, перепрофилирования коечного фонда стационаров в инфекционные отделения и выполнения работ медперсоналом в совершенно других условиях труда, подвергаясь при этом воздействию как агрессивного биологического фактора, так и высоких физических и нервно-эмоциональных нагрузок, в РУП «Республиканский научно-практический центр гигиены» развернуты комплексные исследования по оценке особенностей условий труда, определению мер по управлению профессиональным риском здоровью медицинских работников, установлению дополнительных санитарно-эпидемиологических требований к используемым в организациях здравоохранения средствам индивидуальной защиты органов дыхания, учитывающих показатели эффективности и их влияние на физиологические функции организма персонала стационарных организаций здравоохранения, для обеспечения безопасных условий труда в период эпидемического подъема заболеваемости респираторными инфекциями (Г.Е. Косяченко, С.Л. Итпаева-Людчик, Е.А. Гутич, Е.А. Николаева, А.В. Зеленко, И.В. Мадекша, Н.В. Дудчик и др.).

За последние три года на основе накопленного отечественного опыта огромная работа была проведена коллективом ученых научно-практического центра гигиены и практиками государственного санитарного надзора по созданию современной нормативной базы при подготовке специфических санитарно-эпидемиологических требований к содержанию и эксплуатации объектов агропромышленного комплекса и объектов промышленности, деятельность которых потенциально опасна для населения (утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь 24.01.2020 № 42), специфических санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда работающих (утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь 01.02.2020 № 66), единых гигиенических нормативов факторов производственной среды и трудового процесса (утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37), которые позволяют оптимизировать деятельность надзорных органов по обеспечению здоровья работающих.

Вполне очевидно, что в основе развития санэпидслужбы Беларуси на современном этапе была и остается профилактическая направленность деятельности. Для научного обеспечения дальнейшего улучшения условий труда работающих, совершенствования организации промышленно-санитарного надзора, улучшения методического и методологического уровня деятельности в области гигиены и охраны труда основными направлениями деятельности, по нашему мнению, могут быть:

- дальнейшая разработка научно обоснованных подходов к оценке здоровья на основе профессиональных рисков, совершенствование гигиенической классификации условий труда, нормативной базы и правового обеспечения по медицине труда, организационных аспектов деятельности промышленно-санитарного надзора с учетом требований практического здравоохранения;

- проведение научных исследований по обоснованию критериев риска и вероятности формирования профессиональной патологии в зависимости от степени выраженности негативного действия производственных факторов, в том числе обладающих специфическим действием на организм (аллергенное, канцерогенное, генотоксическое и др.);

- разработка и актуализация совместно с Минтруда и соцзащиты Республики Беларусь нормативной базы и правового обеспечения экономических механизмов, стимулирующих создание здоровых и безопасных условий труда на производстве, сохранение трудового долголетия;

- создание в рамках национального социально-гигиенического мониторинга системы своевременного и динамического получения и анализа данных о состоянии условий труда в причинно-следственной связи с заболеваемостью с ВУТ и профессиональной заболеваемостью с целью гигиенического прогнозирования и принятия необходимых мер для предупреждения или снижения влияния вредных факторов производства на здоровье работающих;
- экспериментальное изучение токсико-динамических и токсико-кинетических характеристик новых промышленных веществ, дальнейшая разработка ускоренных методов оценки их токсичности и опасности, прогнозирования безопасных уровней воздействия;
- изучение особенностей и дозо-временных закономерностей формирования токсических и специфических эффектов, индивидуальной чувствительности для разработки критериев и гигиенических нормативов по ограничению времени контакта с неблагоприятными факторами производственной среды, профилактики профессиональных заболеваний;
- совершенствование гигиенических требований и методов оценки безопасности средств индивидуальной защиты работающих;
- разработка и внедрение в практику передовых форм и методов организации государственного санитарно-эпидемиологического надзора, мониторинг здоровья работающего населения, пропаганда здорового образа жизни и разработка на этой основе соответствующих профилактических мероприятий;
- научно-методическое сопровождение госсаннадзора в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия по разделу «гигиена труда и профпатология» в целях профилактики производственно обусловленной и профессиональной заболеваемости работающих.

Поступила 14.09.2022

## **ВОЗМОЖНОСТИ ДОПплЕРОВСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ АРТЕРИЙ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ ВТОРОЙ СТАДИИ**

*Куприна Н.И., nadin20-sun@yandex.ru,  
Никанов А.Н.*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Актуальность оценки профессионального здоровья работников как важный фактор сохранения и укрепления здоровья граждан постоянно возрастает [1, 2].

Одной из особенностей профессиональной деятельности специалистов, связанных с воздействием вибрации, является формирование вибрационной болезни [2–4]. Использование при данной патологии современных лучевых методов диагностики позволяет своевременно оценить степень вреда здоровью работников, скорректировать условия трудовой деятельности, а также более точно дать экспертную оценку профессиональной патологии с позиций гигиены труда [2, 5].

Целью настоящей работы является определение доплеровских особенностей кровотока периферических артерий верхних конечностей при вибрационной болезни второй стадии.

Задачами исследования ставили предложить методику оценки профессиональной патологии у лиц, связанных с воздействием вибрации в трудовой деятельности; проанализировать и выявить характерные изменения скоростных показателей периферических артерий верхних конечностей при вибрационной болезни второй стадии.

Материалами исследования послужили данные клинического обследования граждан, обратившихся в ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья». В первую группу пациентов вошли лица с верифицированным диагнозом вибрационной болезни 2 стадии (n = 39). Контрольную группу сравнения составили относительно здоровые лица (n = 32).

Оценивались диаметр артерий предплечья, скорость пульсовой волны и скоростные индексы (Пурсело и Гослинга). Из полученных показателей формировалась матрица данных в табличном процессоре (Microsoft Excel). Матрица импортировалась и подвергалась статистической обработке в программе Statistica for Windows. Статистическую обработку проводили с помощью методов непараметрической статистики (метод Манна — Уитни).

Результаты исследования группы относительно здоровых лиц представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Показатели ультразвуковой диагностики артерий предплечья в группе относительно здоровых лиц

Сторона	Артерия	Диаметр	V ps, см/сек		RI		PI	
			ME	IQR	ME	IQR	ME	IQR
Правая	Лучевая	2,23±0,11	53	35–64	0,74	0,74–0,80	4,13	1,2–14,6
	Локтевая	2,18±0,08	50	42–62	0,77	0,66–0,81	3,05	1,7–9,2
Левая	Лучевая	2,23±0,11	53	35–64	0,74	0,74–0,80	4,12	1,2–14,6
	Локтевая	2,18±0,08	50	42–62	0,77	0,66–0,81	3,05	1,5–9,2

Результаты исследования группы лиц с установленным диагнозом вибрационная болезнь второй стадии представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Показатели ультразвуковой диагностики артерий предплечья в группе лиц с вибрационной болезнью второй стадии

Сторона	Артерия	Диаметр	V ps, см/сек		RI		PI	
			ME	IQR	ME	IQR	ME	IQR
Правая	Лучевая	1,96±0,15	58	53–59	1,00	0,79–1,18	4,13	1,2–14,6
	Локтевая	1,91±0,14	48	46–50	0,98	0,81–1,22	3,05	1,7–9,2
Левая	Лучевая	1,96±0,15	60	47–52	1,09	0,81–1,24	4,12	1,2–14,6
	Локтевая	1,91±0,14	49	58–65	0,99	0,82–1,24	3,05	1,5–9,2

Предложен способ УЗИ-обследования артерий верхних конечностей для выявления профессиональной патологии.

Перед исследованием оценивалось наличие или отсутствие стенозов, окклюзий, аневризм, осуществлялся поиск участков с аномальным кровотоком, поскольку их наличие может существенно сказаться на дальнейшей интерпретации результатов обследования на данных дистальных отделов магистральных артерий верхних конечностей.

От уровня бифуркации плечевой артерии необходимо спуститься по передне-латеральному краю предплечья, прослеживая ход лучевой артерии на всем протяжении, по передне-медиальному краю предплечья прослеживать ход локтевой артерии. В связи с анатомическими особенностями хода локтевой артерии (извилистый ход в проксимальном отделе, выравнивание хода сосуда в дистальном отделе) целесообразным представляется измерение тех же скоростных и спектральных показателей в дистальной трети предплечья. Лучевая артерия на предплечье идет поверхностно, доступна для эхолокации на всем своем протяжении. Учитывая разность хода локтевой и лучевой артерии, сравнивать показатели кровотока в них рекомендуется на симметричных участках в дистальных отделах сосудов. При переходе на кисть по ладонной поверхности локтевая и лучевая артерия образуют поверхностную и глубокую артериальные дуги кисти, в связи с анатомическими особенностями более доступна для визуализации поверхностная ладонная дуга.

Рабочей гипотезой исследования было то, что одновременное снижение скорости кровотока как по локтевой, так и по лучевой артериям свидетельствует о вибрационной болезни 2-й стадии, связанной с воздействием локальной вибрации.

Вышесказанное можно проиллюстрировать конкретным клиническим примером.

Пациент Н., 56 лет, огнеупорщик (стаж работы огнеупорщиком 28 лет), в период работы контактировал с инструментом — генератором локальной вибрации, превышающей ПДУ (кл. 3.2). По данным УЗ-исследования артерий правой верхней конечности: снижение скорости кровотока по правой локтевой и лучевой артериям (49,55 и 45,46 см/сек соответственно) на фоне снижения диаметров локтевой и лучевой артерий (до 2,0 мм) и повышения индексов сопротивления кровотока по локтевой и лучевой артериям (1,00 и 0,95 соответственно). В результате пациенту на основании профмаршрута, данных санитарно-гигиенической характеристики условий труда, предоставленной медицинской документации, результатов углубленного клинико-инструментального обследования в центре профпатологии был установлен диагноз вибрационной болезни 2-й стадии.

Согласно полученным данным при вибрационной болезни снижение систолической скорости кровотока обычно отмечается уже при 1-й стадии заболевания изолированно на локтевой артерии «работающей» руки. Нами регистрировалась статистически значимая асимметрия кровотока по этому показателю на артериях предплечья (снижение скорости было более выраженным на стороне «рабочей руки») в сочетании с увеличением показателей периферического сопротивления (индекс пульсации и индекс резистентности). Вторая стадия вибрационной болезни отличалась от первой статистически значимым ( $p < 0,05$ ) снижением скоростных показателей как на локтевой, так и на лучевой артериях «рабочей руки».

Предложенный метод оценки УЗ-изменений сосудов предплечья позволяет произвести оценку и сравнение главных параметров кровотока (скорости, диаметра артерий, индексов Гослинга и Пурсело), дифференцировать периферический ангиодистонический синдром различной профессиональной этнологии. Данный способ существенно отличается от существующих способов ультразвуковой диагностики сосудов предплечья меньшей продолжительностью, высокой информативностью, низкой вариабельностью в интерпретации результатов исследования. Метод стандартизирует методику обследования пациентов профессиональными болезнями верхних конечностей позволяет отслеживать динамику показателей кровотока.

В ходе исследования выявлены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) различия скоростных показателей кровотока артерий предплечья на локтевой и на лучевой артериях «рабочей руки».

### Литература

1. Профессиональные полиневропатии верхних конечностей — современные подходы к диагностике, лечению и профилактике / О.А. Кочетова [и др.] // Мед. труда и пром. экол. — 2018. — № 3. — С. 6–9.
2. Кочетова, О.А. Состояние здоровья у лиц с профессиональной полиневропатией верхних конечностей / О.А. Кочетова, Н.Ю. Малькова, Н.И. Куприна // Гигиена и санитария. — 2018. — Т. 97, № 12. — С. 1226–1230.
3. Кочетова, О.А. Особенности профессиональных полиневропатий в практике невролога-профпатолога / О.А. Кочетова, Н.Ю. Малькова // Материалы XII Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье» V Всероссийского съезда врачей-профпатологов. — М., 2013. — С. 272–273.
4. Профессиональная патология: национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 777 с.
5. Алексеев, С.В. Методы исследования вибрации и мышечных нагрузок, воздействующих на оператора ручных машин / С.В. Алексеев, А.М. Микулинский, Л.С. Шейман. — Горький: НИИ гигиены труда и проф. заб., 1982. — С. 55–62.

Поступила 06.09.2022

## НЕЙРОТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНЦА ПРИ МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Лагутина А.П., [lagutina1@mail.ru](mailto:lagutina1@mail.ru),  
Хотулева А.Г., к.м.н., [hotuleva\\_an@mail.ru](mailto:hotuleva_an@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Свинец является одним из 10 приоритетных загрязнителей окружающей среды по данным Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ) ввиду повсеместного использования в промышленности и накопительного эффекта. В производстве свинец применяется во многих областях (металлургия, пайка, освинцовка изделий, военная техника, производство стекла-хрусталя, глазурей и др.), и соответственно уже сформировался значительный круг профессий из группы риска по интоксикации свинцом [1, 2].

На современном этапе, учитывая острую проблему истощения природных ресурсов на планете, появляется все больше предприятий по переработке вторичного сырья. Ввиду этого в качестве источника свинца ведущее место занимает переработка аккумуляторов. Опасность для человека и окружающей среды возникает преимущественно на этапе захоронения и утилизации отработавших

аккумуляторов. По степени общетоксического действия свинец занимает четвертое место после таллия, ртути, кадмия, однако, по мнению ВОЗ, отравление свинцом является полностью предотвратимым. Накапливаясь в организме, свинец вызывает широкий спектр негативных эффектов, поражая в первую очередь кровеносную и нервную системы, а также другие (пищеварительную, сердечно-сосудистую, выделительную, иммунную, репродуктивную и др.) [3].

Особое внимание в настоящее время уделяется комбинированному воздействию свинца с другими металлами (Pb–Fe, Pb–Ca, Pb–Cu, Pb–Zn) на организм работающего. Доказано, что свинец вызывает микро- и макроэлементный дисбаланс путем ингибирования поглощения ряда элементов (медь, цинк, кальций, железо) [4].

Принятая в нашей стране величина среднесменной предельно-допустимой концентрации (далее — ПДК) содержания свинца в воздухе рабочей зоны составляет 0,05 мг/м<sup>3</sup> согласно СанПиН 1.2.3685–21 от 01.03.2021, что согласуется с рекомендациями Международной организации труда (далее — МОТ) в соответствии с Руководством по диагностике и профилактике заболеваний 2010 г. (пересмотр от 2022 г.). Указанная величина ПДК ранее определялась обязательным мониторингом биологического содержания свинца в крови работающих, что не было внедрено в нашей стране. Определение свинца в крови во многих странах рассматривается как биологическая ПДК, является информативным диагностическим критерием, в том числе для биологического мониторинга отрицательного воздействия свинца на организм человека [5].

В настоящее время в России при проведении обязательных медицинских осмотров (предварительных, периодических) объем обследования работников при воздействии свинца воздуха рабочей зоны предусматривает исследование уровня дельта-аминолевулиновой кислоты (далее — АЛК) или копропорфирина в моче, ретикулоцитов, тромбоцитов в крови согласно п. 1.27 приложения к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.01.2021 № 29н.

Изменение условий труда на современном производстве, приведшее к значительному снижению воздействующих концентраций свинца на работающих, а также достижения в области нейронаук по нейрональным, метаболическим и микро- и макроэлементным нарушениям определяют необходимость поиска новых методов оценки состояния нервной системы при воздействии низких концентраций для выявления ранних признаков нейротоксического действия свинца при мониторинге здоровья работающих на разных этапах медицинского обеспечения, включая проведение обязательных периодических медицинских осмотров.

Целью данного исследования стал поиск ранних клинико-функциональных и лабораторных показателей нейротоксического действия свинца у лиц, работающих в контакте со свинцом малых концентраций.

С целью ранней диагностики токсического действия свинца на нервную систему на базе клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» проведено обследование группы работников производства по переплавке аккумуляторов, работающих в контакте с аэрозолем сложного состава при мониторинге воздуха рабочей зоны по свинцу (вредный класс условий труда 3.1). Проведено поперечное исследование 95 работников, которые по уровню экспозиции аэрозолей свинца были в процессе исследования разделены на 2 группы: 1-я группа (n=42): плавильщики, шихтовщики, дробильщики, водители погрузчика, электрогазосварщики, мастера по ремонту и обслуживанию металлургического оборудования (средний возраст — 37,1 ± 10,1 года, стаж — 2,96 ± 1,75 года); 2-я группа (n = 53): мастера отдела технического контроля (далее — ОТК), электромонтеры, слесари, операторы пылегазоулавливающей установки, инженерно-технические работники (далее — ИТР) и др. (средний возраст — 42,2 ± 10,4 года, стаж — 2,9 ± 2,02 года). Все обследованные 1-й группы работали в контакте со свинцом с незначительным превышением ПДК (0,06 ± 0,0154 мг/м<sup>3</sup>), а 2-й группы — со свинцом низких концентраций (0,039 ± 0,0118 мг/м<sup>3</sup>). Группу сравнения (3-я группа) составили 20 соматически здоровых мужчин (средний возраст 46,5 ± 9,9 года), работающих и проживающих вне воздействия свинца и других токсических соединений.

Критерии включения пациентов в исследование: наличие информированного согласия на участие в исследовании; мужской пол; возраст старше 18 лет; работа в контакте с аэрозолем сложного состава при мониторинге воздуха рабочей зоны по свинцу. Критерии невключения пациентов в исследование: отсутствие информированного согласия на участие в исследовании; сопутствующая соматическая патология в стадии обострения или декомпенсации; наличие различных видов зависимостей (алкогольной, наркотической или лекарственной). Критерии исключения пациентов из исследования: личный отказ пациента от продолжения участия в исследовании; обострение или декомпенсация сопутствующих соматических заболеваний пациента, препятствующих участию в протоколе исследования; невыполнение требований протокола.

Дизайн исследования:

1. Физикальный врачебный неврологический осмотр.

2. Инструментальное исследование: чувствительность различной модальности (количественное сенсорное тестирование (далее — КСТ), прибор TSA II с опцией вибросенсорного анализатора VSA-3000, Израиль); невральная проводимость периферических нервов (ЭНМГ, электромиограф KeyPoint, Дания), афферентная проводимость конечностей (сомато-сенсорные вызванные потенциалы головного мозга (далее — ССВП), электромиограф KeyPoint с опцией ССВП, Дания); состояние ЦНС (далее — ЭЭГ), 16-канальный электроэнцефалограф-анализатор ЭЭПА-21/26 «Энцефалан—131–03», Россия).

3. Опросники: визуальная аналоговая шкала боли (далее — ВАШ); госпитальная шкала тревоги и депрессии (далее — HADS).

4. Лабораторные методы: определение свинца в биосредах (кровь и моча) (атомно-абсорбционный спектрометр AAnalyst 800 фирмы PerkinElmer, США); биохимический анализ мочи на креатинин и АЛК (спектрофотометр Cary 50 (Varian, США)); микро- и макроэлементарный гомеостаз (медь в крови и моче (атомно-абсорбционный спектрометр AAnalyst 800 фирмы PerkinElmer, США), цинка в крови (атомно-абсорбционный спектрометр AAnalyst 800 фирмы PerkinElmer, США), кальций и железо в крови (автоматический биохимический анализатор Konelab Prime 30i, Финляндия), общий клинический анализ крови (автоматический гематологический анализатор SYSMEX XT-2000i, Япония).

Статистический анализ проводился с использованием лицензионных программных пакетов Microsoft Excel 2010, Statistica 6.1 в среде Microsoft Windows XP. Статистическая значимость различий между группами оценивалась по показателю р-уровень.

При стандартном неврологическом осмотре субъективных и объективных признаков патологии центральной и периферической нервной системы, включая двигательные и чувствительные расстройства, во всех группах не выявлено. Периферические вегетативные расстройства в виде гипергидроза верхних конечностей отмечены в 21,6% случаев в основных группах соответствовали частоте распространенности в общей популяции населения (29–80%).

Исследование периферической нервной системы при оценке чувствительности различной модальности методом КСТ выявило достоверное ( $p < 0,01$ ) симметричное нарушение холодовой чувствительности (далее — ХЧ) на верхних конечностях практически у всех работников (1-я группа — 94,4% справа и 86,1% слева; 2-я группа — 93,3% и 100% соответственно). В группе сравнения ХЧ была симметрично нарушена только у 40%. Пороги тепловой чувствительности (далее — ТЧ) также были достоверно ( $p < 0,01$ ) повышены в основных группах (1-я группа — 100% справа и 97,2% слева; 2-я группа — 100% справа и слева; группа сравнения — 60% справа и 66,7% слева). При исследовании вибрационной чувствительности (ВЧ) на частоте 100 Гц выявлено повышение порогов у незначительного числа 1-й и 2-й групп (5,56% и 3% соответственно) при отсутствии нарушений в группе сравнения. Значения температурной холодовой и тепловой чувствительности, холодовой и тепловой боли, вибрационной чувствительности представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Показатели количественного сенсорного тестирования работников по группам

Показатели чувствительности	Сторона исследования	1-я группа (n = 42)	2-я группа (n = 53)	3-я группа (n = 20)
		Медиана (нижний; верхний квартили)	Медиана (нижний; верхний квартили)	Медиана (нижний; верхний квартили)
Холодовая чувствительность, °С	D	27,78 (26,48; 29,06)	27,23 (25,38; 28,51)	29,95 (29,53; 30,35)
	S	27,67 (25,89; 29,39)	27,71 (26,25; 28,83)	30,04 (29,41; 30,43)
Тепловая чувствительность, °С	D	38,55 (35,88; 40,28)	37,06 (35,46; 39,04)	34,95 (34,17; 36,83)
	S	37,19 (34,95; 38,92)	38,16 (36,25; 40,17)	34,8 (34,33; 36,75)
Холодовая боль, °С	D	13,73 (0,55; 21,20)	16,22 (3,00; 22,67)	11,24 (7,25; 13,56)
	S	16,75 (0,00; 23,55)	20,86 (13,21; 24,85)	12,78 (8,02; 18,61)
Тепловая боль, °С	D	46,995 (43,28; 49,95)	46,06 (42,94; 49,47)	45,69 (43,29; 49,68)
	S	46,01 (40,73; 48,91)	45,71 (43,50; 49,54)	45,35 (44,01; 49,14)
Паллестезиометрия, 100 Гц	D	1,46 (1,06; 2,28)	1,49 (0,95; 2,14)	1,27 (0,79; 2,0)
	S	1,24 (0,88; 2,00)	1,19 (0,80; 1,68)	1,07 (0,85; 1,85)

При оценке наличия и выраженности болевого синдрома установлено отсутствие жалоб на боль при устном опросе и по данным ВАШ во всех трех группах. Исследование холодовой боли методом КСТ показало повышение порогов у 36 % исследуемых 1-й и 2-й групп, что сопоставимо с группой сравнения — 33,3 % ( $p > 0,1$ ), а повышение порогов тепловой боли — у 77 % исследуемых в 1-й группе и у 86 % во 2-й группе, что чаще, чем в группе сравнения (46,7 %) ( $p < 0,05$ ).

Выявлено симметричное нарушение преимущественно сенсорной невральности проводимости аксонального характера по малоберцовым и большеберцовым нервам в 75 % случаев и лучевым нервам в 70 % в 1-й группе, в 83 % и 79 % соответственно во 2-й группе ( $p < 0,05$ ). По ССВП отмечена тенденция к увеличению латентности сигнала по восходящим периферическим путям общей чувствительности на ногах в 1-й и 2-й группах (96 % и 100 % случаев соответственно) ( $p < 0,05$ ).

Изучение поведенческих реакций HADS при низкой комплаентности (50 %) не показало нарушений: признаков тревоги не отмечено во всех группах, субклиническое проявление депрессии работники отмечали реже (5,4 %), чем в общей популяции (7,4 %) и группе сравнения (6,7 %). Оценка биоэлектрической активности головного мозга методом ЭЭГ выявила в 27,3 % дисфункцию нижнестебельных структур мозга.

Повышение уровня АЛК в моче отмечено значительно чаще у работающих в контакте со свинцом (65,9 % и 67,9 % 1-й и 2-й группы соответственно), чем в группе сравнения (13 %) ( $p < 0,05$ ). Повышение уровня креатинина в моче выявлено в 43,9 % случаев в 1-й группе и у 30,2 % во 2-й группе, что чаще, чем в группе сравнения 20 % ( $p < 0,05$ ). Уровень свинца в крови и моче в 1-й группе был повышен в 82,9 % и 64 % случаев соответственно, в то время как во 2-й группе превышение отмечено в 43,4 % и 42,9 %, при отсутствии превышений в группе сравнения ( $p < 0,01$ ). Уровни показателей биологического мониторинга свинца в крови и моче обследованных разных групп представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Биологический мониторинг свинца в основных группах и группе сравнения

Показатель	Номер изучаемой группы			Референтные значения
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	
АЛК медиана (нижний; верхний квартили), мкмоль/г КР	25,3 (15,8; 37,0)	21,8 (17,50; 33,00)	19,50 (16,70; 26,20)	0–30,0
Свинец в крови медиана (нижний; верхний квартили), мкг/%	65,69 (47,67; 85,39)	34,07 (22,60; 63,20)	5,99 (4,07; 12,14)	0–40,0
Свинец в моче медиана (нижний; верхний квартили), мкг/л	74,99 (52,02; 99,10)	45,03 (24,65; 71,55)	2,23 (0,57; 4,71)	0–40,0

Анализ содержания меди в крови и моче выявил превышения во 2-й группе уровня меди в крови в 44 % при отсутствии превышений в 1-й группе и группе сравнения. Содержание макроэлементов крови (железо и кальций) соответствовало референтным значениям во всех трех группах. Выявлено превышение уровня цинка в крови в 2 раза в 1-й группе 56,8 %, во 2-й группе 30 %, при референтных значениях в группе сравнения. Полученные данные требуют дальнейшего исследования и анализа. По расширенному клиническому анализу крови с оценкой гемопоэза выявлены более высокие показатели ретикулоцитов в основных группах при сопоставлении с группой сравнения ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, проведенное исследование показало, что даже воздействие низких концентраций свинца на работников при малом стаже работы (около 3 лет) приводит к развитию у них доклинических признаков повреждения периферической нервной системы. Это проявляется сенсорными нарушениями различной модальности: снижением ТЧ и ХЧ при сохранности ВЧ, нарушением сенсорной афферентации, более выраженной в лучевых, малоберцовых и большеберцовых нервах. Полученные данные могут указывать на повреждение немиелинизированных нервных волокон С типа, слабомиелинизированных А-дельта типа, повреждение миелинизированных волокон А-β-типа.

Для выявления ранних признаков токсического действия свинца на организм работающего рекомендуется дополнить предусмотренные нормативным документом методом КСТ (ХЧ и ТЧ) и ЭНМГ по малоберцовым, большеберцовым и лучевым нервам через 5 лет от начала работы (в центре профпатологии), в последующем лиц из группы риска (выявление отклонений в показателях) ежегодно, всех — с периодичностью 1 раз в 5 лет. Внедрение этих методов на этапе углубленного медицинского осмотра в центре профпатологии позволит формировать группы повышенного риска развития интоксикации свинцом и проводить профилактические мероприятия на раннем этапе.

## Литература

1. Волкова, А.В. Тяжелые металлы в экосистемах и агроценозах / А.В. Волкова // Science Time. — 2021. — № 12 (96). — С. 88–93.
2. Влияние свинца на живые организмы / А.Ф. Титов [и др.] // Журнал общей биологии. — 2020. — Т. 81, № 2. — С. 147–160.
3. Ованесова, Е.А. Потенциальное воздействие вредного химического фактора на здоровье работников занятых обслуживанием щелочных и кислотных аккумуляторных батарей (обзор литературы) / Е.А. Ованесова, Е.А. Сорокина, А.С. Козлов // Проблемы безопасности российского общества. — 2017. — № 1. — С. 29–35.
4. Ребров, В.Г. Витамины, макро- и микроэлементы / В.Г. Ребров, О.А. Громова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 954 с.
5. Проблема «свинец и здоровье работающих» в условиях современного производства / Л.П. Кузьмина [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2018. — № 4. — С. 14–18.

Поступила 09.09.2022

### ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЦИТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СРЕДИ РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА

Лисок Е. С., к. б. н., [lisok.elena@yandex.ru](mailto:lisok.elena@yandex.ru)

Учреждение образования «Гродненский государственный медицинский университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

Значительное большинство работников сферы здравоохранения в связи со спецификой оказания медицинской помощи пациентам вынуждены выполнять профессиональные обязанности во вредных условиях труда [1]. В свою очередь, воздействие вредных факторов производственной среды и трудового процесса приводит к тем или иным изменениям в их организме, которые впоследствии являются основой для развития производственно обусловленной и профессиональной патологии [2]. Чаще всего на начальных этапах данные изменения обуславливают формирование так называемого донозологического состояния, являющегося неспецифическим компонентом общего адаптационного синдрома и характеризующегося различной степенью напряжения регуляторных систем [3]. Однако следует отметить, что выявление таких состояний при использовании классических клинических подходов весьма затруднено, а порой и вовсе невозможно, поскольку в этот период отсутствуют явные признаки болезни. Это и определяет необходимость разработки системы надежных показателей и диагностического алгоритма с преимущественным использованием простых, неинвазивных, малозатратных и вместе с тем достаточно информативных методов донозологической диагностики. Одной из наиболее перспективных методик такого рода, позволяющих реально оценить функциональное состояние организма в изменяющихся условиях агрессивной производственной среды, является цитологическое исследование буккального эпителия [4].

В этой связи целью настоящего исследования была оценка прогностических возможностей применения цитологического исследования буккального эпителия при проведении донозологической диагностики среди работников организаций здравоохранения, занятых во вредных условиях труда.

В качестве объектов исследования были избраны женщины-работницы организаций здравоохранения г. Гродно и Гродненской области репродуктивного возраста (23–49 лет), условия труда которых отличались по количественным и качественным характеристикам факторов производственной среды и трудового процесса.

Основную группу составили врачи акушеры-гинекологи (n = 64), которая была разделена на две подгруппы: первая (n = 32) — врачи, осуществлявшие производственную деятельность в стационарных условиях; вторая (n = 32) — врачи, оказывавшие медицинскую помощь в амбулаторных условиях. В группу сравнения были включены врачи-терапевты участковые (n = 31). Группа контроля (n = 31)

была набрана из числа женщин с высшим образованием, работавших в организациях здравоохранения в должностях бухгалтеров, экономистов, юристов и секретарей.

Статистически значимых различий в распределении женщин всех трех групп по возрасту и стажу работы не было выявлено, что указывает на однородность и сопоставимость изучаемых выборок.

На основании результатов периодического медицинского осмотра все обследованные, включенные в состав вышеперечисленных групп, по заключению врачей-специалистов были отнесены к практически здоровым пациентам.

Условия труда работниц были оценены по результатам очередной аттестации рабочих мест, проведенной в соответствии с Инструкцией по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлению компенсаций по ее результатам, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 22.02.2008 № 35 (с изменениями и дополнениями, внесенными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 10.01.2020 № 3).

При выполнении цитологического исследования буккального эпителия забор биологического материала производился по рутинной методике. После высушивания мазки были фиксированы по Маю — Грюнвальду с последующей окраской по Нохту. Микроскопирование осуществлено с использованием микроскопа медицинского МИКМЕД-5 под объективом с масляной иммерсией с расчетом на 100 клеток и последующим фотографированием на лабораторном микроскопе MICROS серии MC 300X INFINITIVE. Учету подлежали следующие морфологические изменения: дегенерированные нейтрофильные лейкоциты, тучные клетки, безъядерные клетки, эпителиоциты с микроядрами, протрузиями ядра, двумя ядрами, со сдвоенными ядрами, фагоцитированные апоптозные тела, клетки в состоянии кариорексиса и вакуольной дистрофии.

Формирование исследовательской базы и последующая статистическая обработка полученных данных были проведены при применении компьютерного программного обеспечения Statistica 10.0.

В ходе гигиенической оценки условий труда работниц было установлено, что женщины основной группы и группы сравнения выполняли профессиональные обязанности во вредных условиях труда, которые, однако, отличались по качественным и количественным характеристикам факторов производственной среды и трудового процесса (таблица 1).

Таблица 1 — Результаты оценки условий труда по воздействию факторов производственной среды и трудового процесса на рабочих местах женщин, занятых в организациях здравоохранения

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Группы женщин			
	Основная группа		Группа сравнения	Группа контроля
	Врачи акушеры-гинекологи		Врачи-терапевты участковые	Бухгалтера, экономисты, юристы, секретари
	Стационаров	Женских консультаций		
Класс условий труда				
Химический	2, 3.1*	2	2	×
Биологический	3.2	3.2	3.2	×
Шум	2	2	2	2
Электромагнитные поля и неионизирующие излучения	2	2	2	2
Микроклимат	2	2	2	1
Освещение	2	2	2	2
Тяжесть труда	2	1	1	2
Напряженность труда	3.2	3.1	2	2
Общая оценка условий труда	3.3	3.2	3.2	2

\* при оказании экстренной медицинской помощи пациентам в условиях контакта с наркотическими анальгетиками.

Как следует из данных, представленных в таблице 1, условия труда женщин-врачей акушеров-гинекологов оцениваются как вредные при оказании медицинской помощи в стационарах (класс 3.3) и женских консультациях (класс 3.2) за счет показателей напряженности трудового процесса (повышенные интеллектуальные, сенсорные и эмоциональные нагрузки, дополнявшиеся при осуществлении

трудовой деятельности в стационарах нерегулярной сменностью с работой в ночное время), а также потенциально неблагоприятного воздействия факторов производственной среды биологической (непосредственное обслуживание пациентов) и в ряде случаев химической (контакт с веществами группы «наркотические анальгетики») природы. Несмотря на занятость работниц группы сравнения во вредных условиях труда (класс 3.2), их профессиональная деятельность протекала только при доказанном неблагоприятном воздействии производственного фактора биологической природы. Женщины же группы контроля осуществляли трудовую деятельность в допустимых условиях труда (класс 2).

Анализ полученных данных, представленных в таблице 2, показал, что в мазках, взятых у женщин группы контроля, преобладали клетки буккального эпителия без признаков цитоморфологических изменений (100 клеток [95–100 клеток]), что отражает достаточно высокий уровень адаптации их организма, сформировавшийся в процессе профессиональной деятельности, исключавшей контакт с вредными факторами производственной среды.

Таблица 2 — Частота встречаемости морфологически измененных клеток буккального эпителия у обследованных женщин-работниц

Цитоморфологические изменения	Группы женщин							
	Основная				Сравнения, n = 31		Контроля, n = 31	
	Первая подгруппа, n = 32		Вторая подгруппа, n = 32					
	Всего	%	Всего	%	Всего	%	Всего	%
Дегенерированные нейтрофильные лейкоциты	23	71,8±8,0**	17	53,1±8,8	22	70,9±8,2**	11	35,4±8,5
Двухядерные клетки	6	18,7±6,7**	7	21,8±7,2**	7	22,5±7,4**	0	0
Клетки со сдвоенным ядром	1	3,1±3,0**	10	31,2±8,1**	11	35,4±8,5**	0	0
Клетки с протрузиями ядра	0	0	5	15,6±6,3*,**	2	6,4±4,2**	0	0
* p < 0,05 при сопоставлении с группой сравнения; ** p < 0,05 при сопоставлении с группой контроля.								

Из всех возможных цитоморфологических вариантов клеток в мазках буккального эпителия у 35,4±8,5% женщин данной группы были обнаружены только дегенерированные нейтрофильные лейкоциты, количественные показатели которых, однако, не выходили за пределы нормы (0–12 нейтрофилов на 100 просмотренных клеток). При этом частота их встречаемости была достоверно ниже по отношению к показателям как у обследованных женщин первой подгруппы основной группы (71,8±8,0%; p < 0,005), так и у обследованных из группы сравнения (70,9±8,2%; p < 0,005).

Исследование мазков буккального эпителия у женщин группы сравнения позволило установить, что в них также преобладали цитоморфологически неизменные клетки (97 клеток [94–98 клеток]). Это также свидетельствовало об устойчивости процессов адаптации у женщин данной группы при отсутствии воздействия вредных производственных факторов химической природы, а также при допустимых параметрах напряженности трудового процесса.

Следует отметить, что кроме высокой частоты встречаемости дегенерированных нейтрофильных лейкоцитов, количественные параметры которых отклонялись от нормы в 6,4±4,2% случаев, среди цитоморфологически аномально измененных клеток эпителия удалось выявить только эпителиоциты со сдвоенным ядром, двухядерные формы, а также эпителиоциты с наличием протрузий в форме «разбитого яйца», причем последние их варианты значительно количественно преобладали у обследованных данной группы в сопоставлении с аналогичными показателями как у женщин-врачей акушеров-гинекологов стационаров (p < 0,001), так и у работниц из группы контроля (p < 0,00001). Полученные результаты, согласно рутинной их интерпретации, — свидетельство более выраженного негативного воздействия факторов производственной среды биологической природы на организм женщин-врачей терапевтов участковых.

Как и у обследованных женщин из группы контроля и группы сравнения, у врачей акушеров-гинекологов, оказывавших медицинскую помощь в амбулаторных условиях, клетки буккального эпителия были в основном представлены их неизменными формами (98 клеток [96–99 клеток]), что указывало на относительную стойкость функционирования адаптационных механизмов их организма. Тем не менее у большинства женщин-врачей данной подгруппы (81,2±6,9%) также были

выявлены как дегенерированные нейтрофильные лейкоциты, так и цитоморфологически аномально измененные клетки эпителия, представленные эпителиоцитами со сдвоенным ядром, двуйдерными формами, а также эпителиоциты с наличием протрузий в форме «разбитого яйца», что, по-видимому, было отражением более интенсивного воздействия агрессивных факторов лечебно-диагностической среды на их организм.

Установленная частота встречаемости эпителиоцитов с наличием протрузий в форме «разбитого яйца» у женщин данной подгруппы также значительно более высокая в сравнении с аналогичными показателями среди врачей акушеров-гинекологов стационаров ( $p < 0,00001$ ), врачей-терапевтов участковых ( $p < 0,01$ ), а также обследованных женщин, чья профессиональная деятельность не была связана с оказанием медицинской помощи ( $p < 0,00001$ ). С учетом того, что процессы, лежащие в основе образования протрузий, несомненно, свидетельствуют о снижении жизнеспособности таких клеток и являются маркером нестабильности их функционирования, а также активизации процессов воспаления и апоптоза, выявление подобного рода эпителиоцитов можно расценивать как ранний донозологический диагностический признак, свидетельствующий о «повышенном» риске развития заболеваний инфекционного воспалительного генеза у обследованных женщин.

По всей вероятности, комплексное воздействие вредных производственных факторов разной природы привело у женщин-врачей акушеров-гинекологов репродуктивного возраста, оказывавших медицинскую помощь в стационарных условиях, к более выраженным изменениям функционального состояния организма, что нашло свое отражение в полученных результатах цитологического исследования буккального эпителия: цитоморфологические изменения выявлены у  $70,9 \pm 8,1\%$  обследованных, при этом в  $23,3 \pm 7,4\%$  случаев установлены те или иные отклонения исследуемых параметров в сравнении с референтными значениями.

Так, несмотря на преобладание неизмененных клеток буккального эпителия у женщин первой подгруппы основной группы (96 клеток [89–100 клеток]), количество выявленных у них дегенерированных нейтрофильных лейкоцитов (4 клетки [0–10 клеток]) существенно превышало аналогичные показатели как у обследованных второй подгруппы основной группы ( $p < 0,005$ ), так и у женщин группы контроля ( $p < 0,001$ ). Причем у  $19,3 \pm 6,9\%$  женщин первой подгруппы основной группы количественные показатели по содержанию дегенерированных нейтрофильных лейкоцитов в мазках превышали нормативные значения. Все это, согласно рутинной интерпретации, позволяет считать установленным снижение адаптационных возможностей организма у большинства обследованных данной подгруппы под воздействием производственных факторов как биологической (инфекционной), так и химической природы.

Причем корреляционный анализ полученных данных позволил установить, что повышение класса условий труда сопровождалось увеличением частоты встречаемости у работниц морфологически измененных клеток буккального эпителия ( $b = 1,661$ ,  $k = 0,468$ ;  $\chi^2 = 8,384$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0,004$ ;  $OR = 0,626$  (0,439; 0,876)).

Таким образом, применение метода донозологической диагностики, основанного на изучении цитоморфологических показателей буккального эпителия, дает возможность своевременно выявить пациентов со сниженными адаптационными резервами организма и целенаправленно реализовать среди них комплекс профилактических мероприятий по сохранению и укреплению состояния здоровья.

К числу маркеров, позволяющих с большой долей вероятности судить наличии донозологического состояния у работниц сферы здравоохранения при воздействии вредных факторов производственной среды биологической и химической природы, а также в некоторой степени и напряженности трудового процесса, можно отнести следующие: дегенерированные нейтрофильные лейкоциты, двуйдерные клетки, клетки со сдвоенным ядром, а также клетки с протрузиями ядра.

## Литература

1. Жукова, С.А. Анализ условий и охраны труда работников сферы здравоохранения / С.А. Жукова, И.В. Смирнов // Социально-трудовые исследования. — 2020. — № 4 (41). — С. 145–154.
2. Профессиональные заболевания медицинских работников / И.Л. Клярская [и др.] // Крымский терапевтический журнал. — 2019. — № 3. — С. 5–11.
3. Марасанов, А.В. Прогнозирование и коррекция состояния здоровья на донозологическом уровне / А.В. Марасанов // Донозоология и здоровый образ жизни. — 2020. — № 2 (27). — С. 33–39.
4. Цитогенетические особенности буккального эпителия при воздействии вредных факторов металлургического производства / Е.Р. Абдрахманова [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. — 2021. — Т. 66, № 2. — С. 99–103.

Поступила 19.09.2022

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИНЕВРОПАТИИ У РАБОТНИЦ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА

<sup>1</sup> Логинова Н. Н., *klinika-5@mail.ru*,

<sup>1,2</sup> Бойко И. В., д. н. м., доцент, *ivan.boiko@szgmu.ru*,

<sup>2</sup> Гребеньков С. В., д. м. н., профессор, *Sergey.Grebenkov@szgmu.ru*,

<sup>3</sup> Балунув В. Д., к. м. н., *vladimir.balunov@yandex.ru*,

<sup>3</sup> Колесникова В. А., *kolesviktoriya@yandex.ru*

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>3</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Ленинградской области «Центр профессиональной патологии», г. Санкт-Петербург, Россия

Большинство публикаций о профессиональных полиневропатиях (далее — ПП) верхних конечностей от преимущественного воздействия физических перегрузок у сельскохозяйственных рабочих вышли более 50 лет назад [1, 2, 4]. В иностранных публикациях ПП расценивается как новая нозологическая форма заболевания от воздействия физических перегрузок на руки [5]. В такой ситуации систематизация представлений о типичных причинах развития ПП у сельскохозяйственных рабочих, их клинике и диагностике, путях эффективной реабилитации больных является актуальной задачей.

Цель работы: выявление специфики трудовой деятельности, приводящей к развитию ПП у работниц сельского хозяйства, и особенностей коморбидности, оказывающих влияние на проведение реабилитационных мероприятий у данного контингента больных.

Исследованы условия труда и состояние здоровья в двух группах работниц сельского хозяйства: доярок (50 человек) и рабочих растениеводства тепличных хозяйств (56 человек). В представленных группах все обследуемые женщины.

Несмотря на существенную разницу труда рабочих в животноводстве и растениеводстве, в своей профессиональной деятельности обе группы подвергались сочетанному воздействию таких вредных производственных факторов (далее — ВПФ), как стереотипные рабочие движения и статические нагрузки на руки, которые и вызывали развитие ПП. Воздействие указанных ВПФ при работе в теплицах связано с операциями по уходу за растениями (прищипывание, пикировка томатов, поливка растений и их обработка химическими препаратами с использованием шлангов и опрыскивателей), сборе урожая. Подготовка вымени перед дойкой, контрольное и ручное доение коров в родильном отделении у доярок и операторов машинного доения также сопряжены с вышеупомянутыми ВПФ.

У доярок повышенные физические динамические нагрузки характерны для ухода за животными, ручной раздаче кормов. Работа тепличниц связана с длительным пребыванием в неудобной рабочей позе (с поднятыми руками, запрокинутой головой) при уходе за растениями на шпалере, что является фактором риска развития радикулопатии шейного уровня и плече-лопаточного периартроза, а доярки регулярно вручную перемещают бидоны с молоком, что создает риск формирования радикулопатии пояснично-крестцового уровня. Ранее упомянутые частые стереотипные рабочие движения при уходе за растениями или животными являются причиной формирования у ряда работниц профессионального миофиброза, чаще с поражением мышц предплечий.

Показатели тяжести трудового процесса во всех профессиях превышали допустимые значения, установленные в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда» (Руководство Р 2.2.2006–05). При работе в теплицах в зависимости от преобладающих операций (посадка рассады, уход за растениями, сбор урожая) число стереотипных движений рук и величина статической нагрузки соответствовали классам 3.1–3.2. Такие же значения имели показатели по рабочей позе, подъему и перемещению тяжестей. В результате при активной работе тепличного хозяйства без сезонного привлечения трудовых мигрантов на наиболее тяжелые работы, такие, например, как переноска и погрузка ящиков с томатами и огурцами, итоговая оценка по тяжести труда у включенных в исследование работниц соответствовала классу 3.3.

У доярок оценки по числу стереотипных рабочих движений и статической нагрузке соответствовали классу 3.1. Нагрузки по подъему и перемещению тяжестей оценивались классом 3.2, по ве-

личине физической динамической работы — 3.1. Итоговая оценка тяжести — 3.2. Работницы молочных ферм в холодный период года подвергались воздействию охлаждающего микроклимата, который способствует формированию ПП. Для работ в теплицах характерен нагревающий микроклимат, не оказывающий такого негативного эффекта.

У всех больных степень выраженности ПП была от начальных до умеренно выраженных явлений, что не исключало возможности продолжения трудовой деятельности после официальной диагностики профессионального заболевания (далее — ПЗ), в том числе и с освоением новой профессии, позволяющей продолжить квалифицированные работы, не связанные с воздействием ВПФ, вызвавших развитие и прогрессирование ПП.

Профессиональная патология у работниц носила сочетанный характер. Отмечено сочетание ПП с такими ПЗ, как радикулопатия шейно-плечевого и пояснично-крестцового уровня, миофиброз предплечий, плечелопаточный периартроз, остеоартроз. Среди общих заболеваний в обеих профессиональных группах наиболее часто встречались хроническая патология органов кровообращения и опорно-двигательного аппарата.

При оценке многолетнего катамнеза больных после диагностики ПП (срок динамического наблюдения колебался от 6 до 10 лет) было установлено, что даже применение комплексного медикаментозного, физиотерапевтического и санаторно-курортного лечения приводило лишь к умеренному и нестойкому регрессу симптоматики ПП. Стойкого и выраженного положительного результата медицинской реабилитации ни у одной больной не было.

При анализе результатов профессиональной реабилитации оказалось, что среди работниц как растениеводства, так и животноводства успешных попыток освоения новых профессий квалифицированного труда не было. Бывшие сотрудницы тепличного хозяйства в единичных случаях устраивались на рабочие места весовщиц или кладовщиц у прежних работодателей, приемщиц заказов в предприятиях бытового обслуживания. Животноводы в сельской местности не реализовывали и такие возможности.

Медико-социальная экспертиза (далее — МСЭ) работниц тепличного хозяйства проводилась в специализированном (профпатологическом) бюро МСЭ Санкт-Петербурга, в ходе которой психологом определялась мотивация больных к продолжению трудовой деятельности. Оказалось, что среди них большинство (55 %) имеют выраженную «рентную ориентацию», т. е. желание полностью прекратить трудовую деятельность и жить на страховые выплаты, назначавшиеся в связи с наличием ПЗ и пенсию по возрасту. При этом как у работниц тепличного хозяйства, так и молочных ферм не было навыков работы в иных профессиях квалифицированного труда.

Практически такие же, как и в нашем исследовании, этиологические особенности формирования ПП у работниц животноводства отмечались и в отечественных публикациях почти 50-летней давности [1, 2, 4]. Очевидно, что происходившее техническое перевооружение сельского хозяйства не смогло полностью ликвидировать как в животноводстве, так и в растениеводстве регулярное применение ручного физического труда, связанного с превышением гигиенических нормативов, в частности, по таким показателям, как количество стереотипных движений рук, статическая нагрузка на руки.

Методики медицинской реабилитации больных с ПП в настоящее время существенно отличаются от тех методов, которые применялись в первых исследованиях по лечению данного контингента [1, 2, 4]. Однако и в последние годы стабильно отмечаются такие основные клинические особенности ПП у рабочих сельскохозяйственного производства, как стойкость их клинических проявлений даже в относительно умеренно выраженных формах на фоне многолетнего комплексного медикаментозного, физиотерапевтического и санаторно-курортного лечения. Указанное обстоятельство подчеркивает важность профессиональной реабилитации больных, направленной на помощь заболевшим работникам в освоении новых профессий, не связанных с воздействием физических перегрузок, действие которых может создавать условия для стойкого сохранения или даже прогрессирования ПП.

ПП в обеих группах встречается в рамках начальных и умеренно выраженных проявлений, что принципиально позволяет больным продолжить трудовую деятельность в других профессиях квалифицированного труда. Однако сложность в подборе работ, которые не оказывали бы вредного воздействия на здоровье работниц, в значительной мере связана с таким обстоятельством, как коморбидный статус больных. Во всех профессиональных группах ПП сочеталась с рядом иных профессиональных и общих заболеваний.

Больные двух сравниваемых профессиональных групп (занятые на молочных фермах и тепличном хозяйстве) относительно однородны по стажу и возрасту. У них отмечаются в общем сходные этиологические факторы, приводящие к формированию ПП. Но среди включенных в исследование

групп работников имеется ряд достоверных различий по частоте встречаемости иных ПЗ и сопутствующих (общих) заболеваний. Так, у доярок с ПП чаще сочетается радикулопатия пояснично-крестцового уровня (60,0%), а у работниц тепличного хозяйства с ПП чаще сочетаются ПЗ костно-мышечной системы (62,5%). Среди общих заболеваний у доярок с ПП обычно встречаются такие общие заболевания, как дорсопатии (96,0%) и деформирующие остеоартрозы различных локализаций (86,0%), ишемическая болезнь сердца в сочетании с гипертонической болезнью или без нее (64%). У работниц растениеводства указанная патология выявлялись существенно реже (до 20%).

Разница в распространенности среди работниц тепличных хозяйств и молочных ферм ряда общих (непрофессиональных) заболеваний, таких как ишемическая болезнь сердца и гипертоническая болезнь, вероятно, связана с различными условиями жизни и медицинского обслуживания работниц в крупном городе и сельской местности. В то же время преимущественное развитие у тепличниц профессиональных радикулопатий шейного уровня, а среди доярок — радикулопатий пояснично-крестцового уровня связано с особенностями труда в теплицах и на молочных фермах. Для тепличниц характерны работы с длительным пребыванием в неудобной позе с поднятыми руками и запрокинутой головой, что обуславливает риск формирования радикулопатии шейного уровня. Труд на молочных фермах с регулярными наклонами, переноской тяжестей приводит к преимущественному формированию пояснично-крестцовой радикулопатии.

Но при этом справедлив и обобщающий вывод о высокой частоте сочетаний в каждой из групп ПП с иными ПЗ опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, а также общими заболеваниями костно-мышечной и сердечно-сосудистой системы, что требует учета специфики состояния здоровья при проведении медицинской и профессиональной реабилитации.

В обеих профессиональных группах профессиональная реабилитация затруднена невысокой результативностью освоения больными работы в других профессиях квалифицированного труда. У работниц нет опыта трудовой деятельности в иных специальностях, в ряде профессий растениеводства велика доля больных с психологической установкой на полный отказ от продолжения трудовой деятельности. У доярок добавляется специфика сельской местности, когда рядом нет иных крупных предприятий, куда можно было бы трудоустроиться.

В ранее проведенных исследованиях отмечалось, что среди работников промышленности, страдающих ПП, у значительного числа больных имелись как навыки работы в иных профессиях квалифицированного труда, так и мотивация к освоению новых специальностей [1, 3]. Поэтому, например, бывшие слесари-сборщики нередко успешно продолжали работать на прежних предприятиях контролерами отдела технического контроля, наладчиками сварочного оборудования, шахтеры осваивали работу на поверхности в профессиях электриков, строительных мастеров [3]. Но подобные факты среди работниц сельского хозяйства нами не регистрировались.

Таким образом, у работниц как тепличного хозяйства, так и животноводства ПП отмечаются в пределах умеренно выраженных проявлений, что принципиально позволяет им продолжить трудовую деятельность в условиях, исключающих физические перегрузки. Высокая частота сочетания ПП с иными ПЗ опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы, а также общими заболеваниями костно-мышечной и сердечно-сосудистой системы требует учета специфики состояния здоровья работниц сельского хозяйства при проведении их медицинской и профессиональной реабилитации.

## Литература

1. Грацианская, Л.Н. Профессиональные заболевания конечностей от функционального перенапряжения / Л.Н. Грацианская, М.А. Элькин. — Л.: Медицина, 1984. — 169 с.
2. Дрогичина, Э.А. Профессиональные болезни нервной системы / Э.А. Дрогичина. — Л.: Медицина, 1968. — 172 с.
3. Пути профилактики стойкой утраты профессиональной трудоспособности у больных с вегетативно-сенсорными полиневропатиями от воздействия физических перегрузок / Н.Н. Логинова [и др.] // Профилактическая и клиническая медицина. — 2011. — № 3. — С. 288–290.
4. Мазунина, Г.Н. Профессиональные заболевания периферических нервов и мышц рук / Г.Н. Мазунина. — Л.: Медицина, 1969. — 124 с.
5. Özdemir, G. Working hand syndrome: a new definition of non-classified polyneuropathy condition / G. Özdemir // Medicine (Baltimore). — 2017. — Vol. 96, № 25. — P. e7235.

Поступила 05.09.2022

## АКТУАЛИЗИРОВАННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОФОТБОРУ И ПРОФПРИГОДНОСТИ ПО СОСТОЯНИЮ ЛОР-ОРГАНОВ

<sup>1,2</sup>Панкова В.Б., д.м.н., профессор; [pankova@vniijg.ru](mailto:pankova@vniijg.ru),

<sup>1</sup>Вильк М.Ф., чл.-к. РАН, д.м.н., профессор; [franco8@rambler.ru](mailto:franco8@rambler.ru),

<sup>3</sup>Федина И.Н., д.м.н., профессор; [infed@yandex.ru](mailto:infed@yandex.ru),

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

По данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году», удельный вес рабочих мест на предприятиях Российской Федерации, не соответствующих гигиеническим нормативам, неуклонно снижается. Динамика изменения удельного веса проб химических веществ 1 и 2 классов опасности в парах, газах и промышленных аэрозолях, а также по таким физическим факторам, как шум, вибрация, электромагнитные поля, микроклимат и освещенность в течении десятилетия имеют тренд к снижению. Однако по-прежнему имеются предприятия отдельных отраслей экономики с наиболее неблагоприятными условиями труда: добыча полезных ископаемых, металлургия, машиностроение и судостроение, производство стройматериалов, различные виды транспорта и сельское хозяйство [1]. В связи с этим у работников развиваются профессиональные заболевания, в том числе ЛОР-органов, несмотря на планомерное снижение общего показателя профессиональной заболеваемости в целом по стране с 2012 по 2021 г., более чем в два раза. В числе профессиональных заболеваний, вызванных физическими факторами, занимающими более 40% в структуре профессиональной заболеваемости работников Российской Федерации (далее — РФ), продолжают лидировать показатели профессиональной потери слуха (хроническая двусторонняя нейросенсорная тугоухость). Вместе с тем, в индустриально развитых странах эта проблема не является такой актуальной, во многом за счет качественного профотбора в профессию [2].

Правительство РФ постоянно акцентирует внимание работодателей и специалистов здравоохранения на необходимости работы по дальнейшему снижению показателей профессиональной заболеваемости и ее профилактике, на которую направлено, в частности, Постановление Правительства РФ от 18 марта 2021 г. № 401 «О реализации пилотного проекта по организации межведомственного взаимодействия в целях предупреждения профессиональных заболеваний и создания системы мониторинга состояния здоровья работников». На совершенствование требований к профотбору и профпригодности для работ во вредных и неблагоприятных условиях труда направлен новый приказ Министерства здравоохранения (далее — МЗ) РФ от 28 января 2021 г. № 29н, определяющий порядок проведения предварительных и периодических медицинских осмотров работников, а также перечень медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами [3].

ЛОР-органы, помимо своих коммуникативных функций, выполняют защитную роль при воздействии вредных, в том числе производственных, факторов. Так, известно, что профессиональные заболевания бронхов и легких, как правило, начинаются с нарушения функций верхних дыхательных путей, а орган слуха и вестибулярный анализатор имеют существенное значение в профилактике производственного травматизма и уровне качества жизни человека [4, 5]. Учитывая это, в новом регламентирующем приказе МЗ № 29н актуализированы требования к профотбору и профпригодности для работ во вредных условиях труда по состоянию ЛОР-органов.

Проблема профессиональных заболеваний в РФ связана не только с медицинскими, но и с социально-экономическими аспектами, так как в настоящее время, например, наибольшее число профессиональной тугоухости регистрируется у работников «дорогостоящих» профессий (например, у лиц летных профессий гражданской авиации), что обуславливает значительные экономические потери за счет ухода квалифицированных и необходимости подготовки новых кадров. Исходя из вы-

шесказанного, вопросы оптимального профессионального профотбора и профпригодности лиц как впервые поступающих на работу, связанную с воздействием производственного шума, так и работающих в «шумоопасных» профессиях приобретают высокую социально-экономическую значимость.

К критериям профпригодности по состоянию вестибулярного анализатора относятся в соответствии с МКБ10:

- H81.0 — Болезнь Меньера;
- H81.1 — Доброкачественное параксизмальное головокружение;
- H81.2 — Вестибулярный нейронит;
- H81.3 — Другие периферические головокружения;
- H81.4 — Головокружение центрального происхождения;
- H81.8 — Другие нарушения вестибулярной функции;
- H81.9 — Нарушение вестибулярной функции неуточненное.

Конкретные противопоказания при данной патологии относятся к работам, связанным с воздействием вибрации, шума, инфразвука и к работам, выполняемым при пониженном давлении воздушной и (или) газовой сред и пониженном парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе или искусственной дыхательной газовой смеси в случае, если указанное давление необходимо поддерживать в производственных зданиях, помещениях. Эти заболевания также являются противопоказаниями для выполнения работ, перечисленных в пп. 6–9, 12–17, 19–22 данного приказа (например, п. 6 — работы на высоте, п. 16 — подземные работы, включая работы на рудниках, п. 19 — водолазные работы и т.д.).

Актуализация критериев по состоянию органа слуха осуществлена на основе классификации потерь слуха, вызванных шумом, унифицированных с международной оценкой степени потерь слуха. Критерии профпригодности по слуху идентичны для всех форм нарушения слуха — кондуктивной, нейросенсорной, другой потери слуха с одно- или двусторонним снижением остроты слуха (МКБ-10: H65-H75, H83.3, H90, H91), (за исключением лиц с врожденной глухотой, инвалидов по слуху, имеющих документ об окончании специализированного ПТУ) (рисунок 1).

### Класс VIII. Болезни уха и сосцевидного отростка

п. 33 Приложения № 2 к Приказу № 29н  
H65-H75, H83.3, H90, H91

**Кондуктивная, нейросенсорная, другая потеря слуха с одно- или двусторонним снижением остроты слуха** (за исключением лиц с врожденной глухотой — инвалидов по слуху, имеющих документ об окончании специализированного ПТУ):

для поступающих на работу —  
**I степень** снижения слуха;

для работающих —  
**II и более степень** снижения слуха

#### Вредные факторы рабочей среды

- **1.47.2** — пестициды фосфорорганические
- **4.3.2** — общая вибрация
- **4.4** — шум

#### Виды работ

- **6** — высота; **7** — работа лифтера; **8** — работа крановщика; **9** — техобслуживание электроустановок; **10** — валка, сплав, транспортировка леса; **12** — оборудование под давлением; **13** — легковоспламеняющиеся, взрывчатые вещества; **14** — аварийно-спасательная, пожарная служба; **15** — движущееся оборудование; **16** — подземные работы; **19** — водолазные работы; **20** — медпомощь в барокамере; **21** — кессонные работы; **22** — ношение, применение оружия

Рисунок 1 — Противопоказания к профотбору и профпригодности по состоянию органа слуха (выдержка из приказа МЗ РФ от 28.01.2021 № 29н)

Потеря слуха I степени является противопоказанием для лиц, впервые поступающих на работу, связанную с воздействием шума. Лица, уже работающие в «шумоопасной» профессии, признаются профнепригодными при наличии II и выше степени тяжести потери слуха.

Перечень медицинских противопоказаний по состоянию ВДП к работам с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные ПМО, сформирован по нозологическим формам класса X МКБ-10 «Болезни органов дыхания» и включает:

- J30.0 — Вазомоторный ринит;
- J30.1 — Аллергический ринит, вызванный пылью растений;

- J30.2 — Другие сезонные аллергические риниты;
- J30.3 — Другие аллергические риниты;
- J30.4 — Аллергический ринит неуточненный;
- J31 — Хронический ринит, назофарингит и фарингит;
- J32 — Хронический синусит;
- J33 — Полип полости носа;
- J33.1 — Полипозная дегенерация синуса;
- J33.8 — Другие полипы синуса;
- J33.9 — Полип носа неуточненный;
- J34 — Другие болезни носа и носовых синусов;
- J34.2 — Заболевания со стойким нарушением носового дыхания (смещенная носовая перегородка с нарушением функции носового дыхания);
- J35 — Хронические болезни миндалин и аденоидов;
- J36 — Перитонзиллярный абсцесс;
- J37 — Хронический ларингит и ларинготрахеит;
- J38 — Болезни голосовых складок и гортани, не классифицированные в других рубриках.

К сожалению, данный перечень несовершенен и требует корректировки. Данные противопоказания учитываются при работе в условиях воздействия химических факторов 53 группы веществ (например, оксидов, диоксидов азота, альдегидов, алюминия, бериллия, бора и их соединений, хлора, брома, фтора, карбонидов металлов, кислот, оксидов органических и перекисей, серусодержащих соединений, галогенопроизводных алифатических углеводородов, спиртов, пестицидов и пр.). Они учитываются также и при воздействии 4 групп биологических факторов, включая наименования грибы — продуцентов, комбикормов, ферментов, аллергенов, возбудителей инфекционных, в том числе вирусных, заболеваний. Применяются при решении вопросов профотбора и профпригодности к работам в условиях воздействия многочисленной группы аэрозолей преимущественно фиброгенного действия и групп пыли, например: аэрозолей абразивных и абразивсодержащих, металлов, кремнийсодержащих аэрозолей, руд полиметаллических и содержащих цветные и редкие металлы, сварочных аэрозолей, асбестов природных, талька и талькопородных пылей, алмазов, угля, коксов, полиметаллических руд, пылей животного и растительного происхождения.

Новым в приказе № 29н является блок противопоказаний по нозологическим формам голосового аппарата для лиц, работающих с нагрузкой на голосовой аппарат (при суммарном количестве часов, наговариваемых в неделю, более 20). Это чрезвычайно важный регламент, так как известно, что перенапряжение голоса в процессе трудовой деятельности обуславливает заболевания гортаноглотки у лиц голосо-речевых профессий [4]. Утверждены противопоказания для лиц, работающих с голосовой нагрузкой:

- J37.0 — Хронический ларингит;
- J37.1 — Хронический ларинготрахеит;
- J38.3 — Лейкоплакия;
- Q31 — Врожденные аномалии (пороки развития).

Список противопоказаний для поступающих в профессии, связанные с голосовой нагрузкой, более широкий и включает:

- J37.0 — Хронический ларингит;
- J37.1 — Хронический ларинготрахеит;
- J38.0 — Паралич голосовых складок и гортани;
- J38.1 — Полип голосовой складки и гортани;
- J38.2 — Узелки голосовых складок;
- J38.3 — другие болезни голосовых складок;
- Q31 — врожденные аномалии (пороки развития) гортани.

Определение противопоказаний является важным шагом на пути профилактики заболеваний голосового аппарата у многочисленной армии работников голосо-речевых профессий.

Вместе с тем следующим, последовательным и обязательным шагом должно быть включение данных нозологических форм в существующий Перечень профессиональных заболеваний приказа Минздравсоцразвития РФ от 27.04.2012 № 417н.

Таким образом, несмотря на существующее некоторое несовершенство, разработка и применение на практике новых, актуализированных регламентов профотбора и профпригодности по состоянию ЛОР-органов безусловно направлены на повышение качества профилактики профессиональных заболеваний органов дыхания, слухового, вестибулярного и голосо-речевого аппаратов у лиц, подвергающихся в процессе трудовой деятельности воздействию вредных и (или) опасных производственных факторов.

## Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. — 340 с.
2. Trends in incidence of occupational asthma, contact dermatitis, noise-induced hearing loss, carpal tunnel syndrome and upper limb musculoskeletal disorders in European countries from 2000 to 2012 / S.J. Stocks [et al.] // Occup Environ Med. — 2015. — Vol. 72, iss. 4. — P. 294–303.
3. Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры: приказ Минздрава России от 28.01.2021 № 29н [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». — М., 2022.
4. Профессиональные заболевания ЛОР-органов: руководство / В.Б. Панкова [и др.]; под ред. И.В. Бухтиярова, Н.А. Дайхеса. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2021. — 544 с.
5. Заболевания верхних дыхательных путей от воздействия промышленных аэрозолей / В.Б. Панкова [и др.] // Российская ринология. — 2016. — № 4. — С. 30–36.

Поступила 25.08.2022

## ЗНАЧЕНИЕ И СПЕЦИФИКА РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ У РАБОТНИКОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ С ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

<sup>1</sup>Петрухин Н.Н., к.м.н., *n.petruhin@s-znc.ru*,

<sup>1</sup>Никанов А.Н., к.м.н., *a.nikanov@s-znc.ru*,

<sup>1,2</sup>Бойко И.В., д.м.н., профессор, *boiko\_i@mail.ru*

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

Всемирная организация здравоохранения определяет реабилитацию как совокупность мероприятий, направленных на снижение влияния инвалидизирующих состояний, и призванную обеспечить людям с нарушением функций приспособления к новым условиям жизни в обществе, в котором они живут. Структура профессиональных заболеваний (далее — ПЗ) у медработников (далее — МР) при сравнении с прочими отраслями промышленности (металлургия, транспорт) имеет свои особенности. Среди заболеваний профэтиологии у МР преобладают инфекционные (гемоконтактные гепатиты и туберкулез) и аллергические заболевания [1–3]. В зарубежных публикациях отмечаются определенные социальные издержки от заболеваний МР, вызванных вредными условиями труда. Под ПЗ в системе социального страхования понимают «хроническое или острое заболевание застрахованного, являющееся результатом воздействия на него вредного (вредных) производственного (производственных) фактора (факторов) и повлекшее временную или стойкую утрату им профессиональной трудоспособности» [2, 4]. В результате ПЗ правоустанавливающим документом для страхового возмещения является программа реабилитации пострадавшего на производстве (далее — ПРП), форма которой утверждена постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации (далее — РФ) от 18.07.2001 № 56. Указанные обстоятельства делают актуальным исследование в РФ по проблемам оценки качества и повышения эффективности медико-социальной экспертизы (далее — МСЭ) и реабилитации МР, пострадавших от ПЗ.

Цель исследования — изучить практику и эффективность медицинской и профессиональной реабилитации у медицинских работников с ПЗ в связи со спецификой нормативно-правовой базы РФ и определить пути совершенствования реабилитации указанного контингента.

Содержание и эффективность мероприятий в области медицинской и профессиональной реабилитации МР, пострадавших от ПЗ, изучалась по материалам центров профпатологии (далее — ЦПП) и бюро МСЭ Северо-Западного федерального округа (далее — СЗФО). Проанализирована информация из 225 дел освидетельствования бюро МСЭ указанных пациентов и программ реабилитации пострадавшего в результате ПЗ. На их основании оценены данные по первичному определению степени утраты трудоспособности и инвалидности заболевших, динамика состояния здоровья МР при переосвидетельствовании, доступность медикаментозной помощи и санаторно-курортного лечения. Динамика состояния здоровья МР и условия их труда изучалась также по данным документации ЦПП.

Оценка полноты данных осуществлялась с помощью метода сопоставления данных в формате «N (%)». Для описания медианы и абсолютного разброса данных использовались среднее значение и стандартное отклонение в формате « $M \pm S$ », а для оценки относительного разброса использовался коэффициент вариации  $V$ , который характеризует однородность показателя и позволяет сравнивать однородность разных показателей, независимо от их масштаба и единиц измерения. Для описания структуры показателя использовались медиана и квартили в формате «Me [LQ; UQ]» и минимум и максимум для оценки диапазона колебания показателя в формате «(Min; Max)».

Первое место в структуре официально регистрируемой профессиональной заболеваемости МР в СЗФО занимают инфекционные заболевания, представленные туберкулезом. С меньшей частотой отмечались аллергические ПЗ и ПЗ от воздействия физических перегрузок. В отношении этих трех групп ПЗ, выявляемых у МР, проводились сначала МСЭ, а потом реабилитационные мероприятия.

Из 227 МР с установленным заключительным диагнозом ПЗ на МСЭ для определения степени утраты трудоспособности и составления ПРП были направлены 225 МР. Двум МР было отказано в направлении на МСЭ со ссылкой на отсутствие нарушения функций организма, что делало заведомо невозможным определение степени утраты трудоспособности [2, 4].

Наиболее частым экспертным решением бюро МСЭ в отношении МР, пострадавших от ПЗ, было определение степени утраты трудоспособности в размере от 10 до 30 % без определения группы инвалидности. Данное решение было принято в отношении 61 % постаревшего. Вдвое реже (порядка 36 %) пациентам определялась III группа инвалидности вследствие ПЗ и от 40 до 70 % утраты трудоспособности. Гораздо реже (6 пациентов — 2,7 % случаев) из-за выраженности стойких нарушений функций организма, вызванных туберкулезом, были определены II группа инвалидности вследствие ПЗ и от 70 до 90 % утраты трудоспособности.

По результатам МСЭ из 225 МР, пострадавших от ПЗ, нуждаемость в мероприятиях медицинской реабилитации, включавшей медикаментозное и санаторно-курортное лечение, была определена у 169 пациентов, что составило 75,1 % от общего числа МР. Из них с инфекционными ПЗ было 96 (56,7 %), с ПЗ от воздействия физических перегрузок — 38 (22,5 %) и с аллергическими ПЗ — 35 (20,6 %).

ПРП по части мероприятий медицинской реабилитации были адекватно выполнены в отношении далеко не всех МР. Обеспечением по страхованию в виде оплаты дополнительных расходов на приобретение лекарственных препаратов было охвачено 124 пациента (73,4 %); санаторно-курортное лечение получали 25 пациентов (12,1 %). Доля пациентов, в отношении которых были выполнены мероприятия, предусмотренные ПРП, была наибольшей среди пациентов с инфекционными ПЗ — 44,4 %, у МР с аллергическими ПЗ — 15,4 %, а у пациентов с ПЗ от воздействия физических перегрузок — 13,6 %.

Определены абсолютное число и доля пациентов, нуждающихся в соответствии с рекомендациями ЦПП в трудоустройстве вне контакта с противопоказанными вредными производственными факторами (далее — ВПФ).

В дальнейшем рационально (то есть с исключением противопоказанных ВПФ) из 76 пациентов были трудоустроены только 7 человек, что составляет 9,1 % от общего числа нуждающихся. Из 7 МР 2 страдали профессиональным туберкулезом, 4 — аллергическими ПЗ, у 1 было ПЗ от воздействия физических перегрузок. Из указанных 7 пациентов 3 МР были трудоустроены хотя и без противопоказанных ВПФ, но с потерей квалификации: медицинская сестра процедурного кабинета и массажистка были трудоустроены санитарками, а врач-судмедэксперт был трудоустроен лаборантом.

При оценке динамики состояния здоровья МР, в отношении которых проводились реабилитационные мероприятия, была отмечена ее очевидно невысокая эффективность. Из 124 пациентов, получавших реабилитационные мероприятия, положительная динамика в течении ПЗ, проявляющаяся в снижении степени выраженности клинических симптомов ПЗ или уменьшении частоты обострений патологии (для аллергических ПЗ и ряда ПЗ от воздействия физических перегрузок) отмечена всего лишь у 28 пациентов (22,5 %). Отрицательная динамика наблюдалась гораздо чаще. Так, прогрессирующее течение ПЗ отмечалось у 84 % пациентов с инфекционными ПЗ (туберкулез),

65 % МР — с аллергическим ПЗ (в основном за счет неблагоприятного течения бронхиальной астмы) и 70 % — ПЗ от воздействия физических перегрузок.

Данный факт может объясняться тем, что у большей части пациентов медикаментозное лечение проводилось нерегулярно (в 55 % случаев). Прогрессирование ПЗ от физических перегрузок у наблюдавшихся МР объясняется и тем, что они не были рационально трудоустроены и продолжали трудовую деятельность в условиях воздействия противопоказанных им ВПФ.

Диагностика ПЗ не является самоцелью. Диагноз ПЗ дает пациенту право на комплекс реабилитационных мероприятий, оплачиваемый из средств ФСС. Наиболее перспективной представляется профессиональная реабилитация МР, пострадавших от ПЗ. Результаты первичного освидетельствования бюро МСЭ таких МР показывают, что более 90 % пациентов указанного профиля не имели полной стойкой утраты трудоспособности, и в дальнейшем при постоянном трудоустройстве вне контакта с противопоказанным ВПФ могли продолжать трудовую деятельность в здравоохранении.

Однако рациональное трудоустройство таких МР на практике осуществлялось довольно редко. В подавляющем большинстве случаев (более 90 %) рекомендации о таком трудоустройстве МР, пострадавших от ПЗ, не выполнялись. Обычная причина их неисполнения сводилась к декларации работодателя об отсутствии у него вакантных рабочих мест с условиями труда, не противопоказанных заболевшему МР. Возможности службы занятости в подборе таким МР других рабочих мест не использовались. Направление пациентов в медицинские учебные заведения (ВУЗы и колледжи) на переобучение в другую специальность, в том числе и с оплатой за счет средств ФСС, в отношении МР с ПЗ в СЗФО никогда не осуществлялось, хотя данное мероприятие и предусмотрено в числе гарантий для пациентов, пострадавших от ПЗ. Такое неиспользование предусмотренных действующими нормативными актами возможностей для подбора заболевшим новым рабочих мест и было причиной весьма низкой эффективности профессиональной реабилитации МР. Другим очевидным недостатком практики трудовой реабилитации МР, пострадавших от ПЗ, были регулярные факты их трудоустройства со снижением квалификации.

Ожидать высокой эффективности медицинской реабилитации в отношении МР с наиболее типичными ПЗ вряд ли возможно, так как указанная патология не поддается быстрому лечению и ремиссии (туберкулез, миофиброз, бронхиальная астма, радикулпатия). Но при этом было бы все-таки уместно добиваться практически 100 % реализации показанных реабилитационных мероприятий пациентам.

Как следует из полученных данных, медицинская реабилитация осуществлялась в отношении далеко не всех заболевших. Причина такой ситуации заключалась в том, что пациентам с инфекционными ПЗ (туберкулез и гепатит) в 20 случаях не была определена нуждаемость в мерах медицинской реабилитации ввиду незначительности нарушения функций организма, например, отсутствие дыхательной недостаточности после курса химеотерапии легочного туберкулеза. В итоге отмечались такие ситуации, когда МР из-за заболевания туберкулезом сначала определялась третья группа инвалидности по общему заболеванию, а после признания заболевания профессиональным следовал отказ в определении степени утраты трудоспособности в связи с отсутствием дыхательной недостаточности.

Примерно аналогичным образом складывалась ситуация и с аллергическими ПЗ (аллергический дерматит и ринопатия — 26 случаев) и ПЗ, связанными с воздействием физических перегрузок (миофиброз — 8 случаев). Хотя данные ПЗ и не были излечены, отказ в определении степени утраты трудоспособности мотивировался незначительностью или отсутствием нарушения функций организма.

Таким образом, возникает ощутимый риск для МР, пострадавших от ПЗ, оказаться вне финансируемой из средств ФСС системы медицинской и профессиональной реабилитации, несмотря на законодательные гарантии обязательности страхового возмещения пострадавшим от ПЗ. Статья 4 ФЗ № 125 «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 (далее — ФЗ 125) утверждает, что «Основными принципами обязательного социального страхования от профессиональных заболеваний являются: гарантированность права застрахованных на обеспечение по страхованию».

Логика построения нормативно-правовой базы в этой области приводит к регулярной возможности обратного результата. Это связано с особенностью основополагающих документов в области МСЭ у пациентов с ПЗ [5], согласно которым определение степени утраты трудоспособности возможно только в случае нарушений функций организма. Если же нарушения функций отсутствуют или они незначительны, степень утраты трудоспособности не определяется.

В случае же отказа в определении работнику, пострадавшему от ПЗ, степени утраты трудоспособности случай ПЗ признается ФСС не страховым, что влечет отказ в финансировании медицинской и профессиональной реабилитации. Данное решение детерминировано ФЗ 125, в соответствии с которым критерием признания заболевания профессиональным является утрата (снижение) профес-

сиональной трудоспособности (ст. 3), а необходимым условием назначения страховых выплат — определение больному со стороны органов МСЭ степени утраты трудоспособности (ст. 10).

Указанная ситуация отказа в назначении страховых выплатах в связи с отсутствием нарушения функций организма заболевшего на момент его освидетельствования в бюро МСЭ особенно характерна для МР, так как, например, при аллергических ПЗ в стадии ремиссии нарушения функций, как правило, будут отсутствовать, при начальных явлениях ПЗ от воздействия физических перегрузок они могут быть незначительными. Но в таких случаях отсутствие нарушения функций не исключает потребность больного, например, в постоянном рациональном трудоустройстве, санаторно-курортном лечении, в регулярном применении лекарственных средств с профилактическим целями.

Но даже в случае определения пациентам степени утраты трудоспособности мероприятия медицинской реабилитации реализовались не полностью. Регулярно отмечавшееся прогрессирование ПЗ может объясняться тем, что у большей части пациентов лечение проводилось нерегулярно (в 55 % случаев), а большинство больных с ПЗ от воздействия физических перегрузок продолжали трудиться в противопоказанных им условиях.

Для повышения эффективности реабилитационных мероприятий в отношении МР, пострадавших от ПЗ, необходимы комплекс мероприятий, включающий реформирование нормативно-правовой базы в области медико-социальной экспертизы и социального страхования, усиление взаимодействия органов медико-социальной экспертизы и руководителей медицинских организаций со службой занятости, усиление контроля за обеспечением больных мерами медицинской реабилитации.

## Литература

1. *Гатиятуллина, Л.Л.* Состояние здоровья медицинских работников / Л.Л. Гатиятуллина // Вестник современной клинической медицины. — 2016. — Т. 9, № 3. — С. 69–75.
2. *Гарипова, Р.В.* Совершенствование системы мониторинга за состоянием здоровья медицинских работников / Р.В. Гарипова // Казан. мед. журн. — 2011. — № 1. — С. 78–82.
3. Особенности реабилитации медицинских работников с профессиональными заболеваниями / Н.Н. Петрухин [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2020. — Т. 60, № 8. — С. 546–550.
4. Проблема туберкулеза легких у работников лечебно-профилактического звена здравоохранения в Северо-Западном федеральном округе / Н.Н. Петрухин [и др.] // Пульмонология. — 2019. — Т. 29, № 5. — С. 590–595.
5. Об утверждении временных критериев определения степени утраты профессиональной трудоспособности в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, формы программы реабилитации пострадавшего в результате несчастного случая на производстве и профессионального заболевания [Электронный ресурс]: постановление Минтруда РФ от 18.07.2001 № 56: в ред. от 24.09.2007. — Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33027/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33027/). — Дата доступа: 26.08.2022.

Поступила 29.08.2022

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ И ПРОФИЛАКТИКЕ ПОТЕРИ СЛУХА, ВЫЗВАННОЙ ШУМОМ

*Преображенская Е.А., д.м.н., preob@fferisman.ru,  
Сухова А.В., д.м.н., annasukhova-erisman@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Установление факта нарушения слуха в результате действия шума содержит не только медицинские, но и социальные аспекты. В связи с этим большое значение имеет поиск специфических аудиологических признаков, патогномоничных для профессиональной тугоухости, на доклинической стадии ее развития [1, 2]. Ранняя диагностика заболевания с применением современных электроакустических и нейрофизиологических методов исследования слухового анализатора наряду с про-

фессиональным отбором лиц во вредные и опасные условия труда являются решающими факторами в профилактике профессиональной потери слуха.

Цель исследования — разработка алгоритма ранней диагностики и профилактики профессиональной нейросенсорной тугоухости (далее — ПНСТ).

Обследовано 600 горнорабочих в возрасте от 37 до 58 лет, со стажем работы во вредных условиях от 10 до 35 лет, подвергающихся воздействию шума выше ПДУ на 7–21 дБА (класс 3.1–3.3). Аудиологическое обследование включало проведение высокочастотной аудиометрии в расширенном диапазоне частот (10–20 кГц), акустической рефлексометрии и отоакустической эмиссии.

Диагностическую чувствительность аудиологических методов определяли по формуле (1):

$$\text{Дч} = Q/Z \times 100, \quad (1)$$

где Q — число рабочих, у которых показатель выходит за границы нормы;  
Z — общее число обследованных рабочих.

Нарушения слуха оценивали в соответствии с принятыми в профпатологии критериями.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программных пакетов Microsoft Excel, Statistica 10.0. Проверка нормальности распределения изучаемых показателей проводилась по критерию Колмогорова — Смирнова. Для оценки достоверности различий качественных признаков использовали критерий  $\chi^2$ .

В результате проведенного исследования установлено, что наиболее чувствительными диагностическими методами, позволяющими выявить ранние изменения слухового анализатора на стадии, когда определение слуховых порогов с помощью тональной аудиометрии еще не информативно, является высокочастотная аудиометрия (Дч = 65 %) и отоакустическая эмиссия (Дч = 75 %), что позволило разработать алгоритм ранней диагностики профессиональной тугоухости [3].

Алгоритм ранней диагностики и профилактики профессиональной нейросенсорной тугоухости состоит из 3 этапов.

I этап — гигиеническая оценка условий труда в соответствии Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда», которая позволяет определить вероятность риска развития ПНСТ в зависимости от уровней шума на рабочем месте.

II этап — клинико-диагностический, включает следующие категории (рисунок 1).

1. Сбор анамнеза: уточнение стажа работы в условиях шума, превышающего ПДУ; наличие факторов риска ПНСТ (заболевания и травмы ЛОР-органов, прием ототоксичных лекарственных препаратов, заболевания сердечно-сосудистой системы, эндокринная патология), жалобы работника на снижение разборчивости речи, снижение слуха, шум в ушах, голове.

2. Осмотр ЛОР-органов, отоскопия, акуметрия.

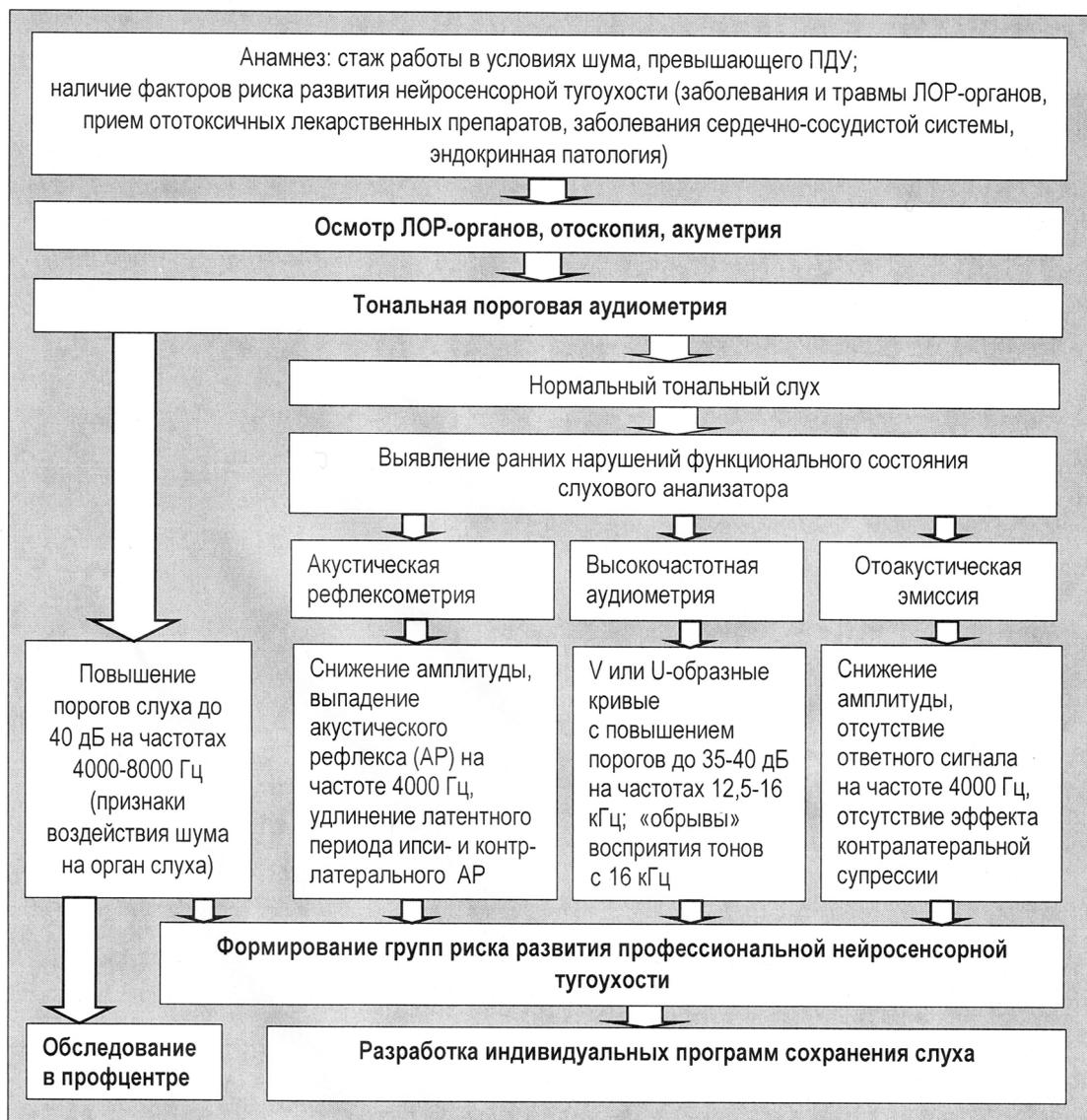
Согласно приказу Минздрава России от 28.01.2021 г. № 29н тональная пороговая аудиометрия входит в обязательный перечень обследований, проводимых у работников, подвергающихся воздействию шума. Работникам с признаками воздействия шума на орган слуха (повышение порогов слуха до 40 дБ на частотах 4000–8000 Гц по данным тональной пороговой аудиометрии) показано обследование в профцентре с предоставлением пакета медицинских документов (санитарно-гигиеническая характеристика условий труда; выписка из амбулаторной карты; данные периодических медицинских осмотров).

3. У лиц с нормальным тональным слухом по данным тональной пороговой аудиометрии рекомендуется проведение дополнительных методов обследования, позволяющих выявить ранние нарушения слухового анализатора: акустическая рефлексометрия, высокочастотная аудиометрия, отоакустическая эмиссия.

4. В группы риска развития ПНСТ следует отнести работников, имеющих отклонения по одному из нижеперечисленных критериев:

- тональная аудиометрия — повышение порогов слуха до 40 дБ на частотах 4000–8000 Гц;
- акустическая рефлексометрия — снижение амплитуды, выпадение АР на частоте 4000 Гц, удлинение латентного периода ипси- и контралатерального АР;
- высокочастотная аудиометрия — повышение порогов на частотах 12,5–16 кГц; «обрывы» восприятия тонов с 16 кГц;
- отоакустическая эмиссия — снижение амплитуды, отсутствие ответного сигнала на частоте 4000 Гц.

III этап — профилактический. Подразумевает разработку индивидуальных программ сохранения слуха и включает два направления:



**Рисунок 1 – Клиническо-диагностический этап профилактики профессиональной нейросенсорной тугоухости**

- санитарно-гигиенические мероприятия: применение средств индивидуальной защиты; технические, технологические мероприятия по снижению уровня шума на рабочих местах
- лечебно-реабилитационные мероприятия: интенсификация обменных процессов клеточного и тканевого метаболизма; нормализация показателей центральной и церебральной гемодинамики; здоровый образ жизни, коррекция модифицируемых факторов риска.

*Выводы:*

1. Наиболее чувствительными диагностическими методами, позволяющими выявить ранние изменения слухового анализатора на стадии, когда определение слуховых порогов с помощью тональной аудиометрии еще не информативно, являются и высокочастотная аудиометрия (Дч = 65 %) и отоакустическая эмиссия (Дч = 75 %).

2. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности включения в регламент проведения периодических медицинских осмотров современных аудиологических методов, что позволит сформировать группы повышенного риска развития ПНСТ и своевременно проводить лечебно-профилактические мероприятия.

3. Алгоритм ранней диагностики и профилактики ПНСТ может применяться при оказании медицинской помощи работающему населению, включая специализированную профпатологическую помощь.

*Заключение.* Разработанный алгоритм ранней диагностики профессиональной тугоухости, основанный на комплексном поэтапном исследовании слуха с помощью высокочастотной аудиометрии

трии, акустической рефлексомерии и отоакустической эмиссии в 65–75 % случаев позволяет выявить изменения слухового анализатора на доклинической стадии у лиц с нормальным тональным слухом, уточнить характер и локализацию поражения слухового анализатора, что имеет важное значение при разработке дифференцированных лечебно-профилактических мероприятий.

## Литература

1. Совершенствование критериев потери слуха от шума и оценка профессионального риска / И.В. Бухтияров [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2018. — № 4. — С. 1–9.
2. Сравнительная оценка диагностической чувствительности современных методов исследования слуха у рабочих «шумоопасных» профессий / Е.А. Преображенская [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2017. — № 2. — С. 38–41.
3. Схема ранней диагностики и профилактики профессиональной нейросенсорной тугоухости (НСТ): пат. RU на промышленный образец 124318 / И.В. Яцына, О.П. Рушкевич, П.В. Серебряков [и др.]. — Опубл. 17.03.2021.

Поступила 14.09.2022

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ И КЛАССИФИКАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ ФАКТОРУ

*Прокопенко Л.В., д.м.н., профессор, prokopenko@iriioh.ru,  
Лагутина А.В., к.м.н., alagutina@inbox.ru,  
Курьеров Н.Н., к.б.н., courierov@mail.ru,  
Почтарева Е.С., pochtareva@iriioh.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Оценка и контроль работодателем биологических агентов с точки зрения опасности для здоровья работников предусмотрены Конвенцией № 155 МОТ [1]. Указом Президента Российской Федерации (далее — РФ) от 11 марта 2019 г. № 97 [2] определены основные биологические риски. В современном мире биологические риски обусловлены модификацией свойств и форм патогенных биологических агентов в связи с изменением климата и в результате природных катастроф; бесконтрольным использованием генно-инженерных технологий и синтетической биологии; возникновением и распространением природно-очаговых инфекций; возвратом исчезнувших инфекций; появлением новых инфекций, вызываемых неизвестными патогенами и др. Одним из подтверждений, обозначенных в указе Президента РФ биологических угроз [2], является пандемия, вызванная вирусом SARS-CoV-2, унесшая более 6 миллионов человек, а последствия для здоровья человека пока трудно предсказать.

Воздействие на человека биологических патогенов любого уровня и происхождения может создавать опасность в медико-социальной, технологической, сельскохозяйственной и коммунальной сферах, что требует новых подходов к оценке биологических рисков. В связи с этим вопросы научного обоснования и разработки гигиенической оценки биологического фактора на рабочих местах по-прежнему остаются актуальными.

С введением в действие Федерального закона от 28.12.2013 № 426-ФЗ оценка условий труда по биологическому фактору регламентируется не для всех рабочих мест, на которых работники контактируют с патогенными биологическими агентами (далее — ПБА), а только в отношении рабочих мест, утвержденных приказом Минтруда РФ от 24.01.2014 № 33н [3]. В этой связи обоснованы и усовершенствованы критерии и классификация условий труда по биологическому фактору при проведении работ с ПБА, установленных санитарным законодательством, включая наличие контактов с инфицированными больными и (или) материалом, объектами, подозрительными на содержание патогенных для человека микроорганизмов, а также при работах с условно-патогенными микроорганизмами — возбудителями неинфекционных заболеваний. Уточненная классификация условий труда при воздействии биологического фактора позволит оценить профессиональные риски нарушения здоровья работников с целью их минимизации и повысить степень доказательности причинно-следственной связи заболевания с профессиональной деятельностью работника.

Целью работы явилось совершенствование критериев и классификации условий труда работников, контактирующих с патогенными биологическими агентами, для оценки профессиональных рисков нарушения здоровья работников и разработки мероприятий по их минимизации.

По данным Роспотребнадзора проанализирована профессиональная заболеваемость, обусловленная воздействием на работников биологических факторов, за период с 2005 г. по 2021 г. Проведен ретроспективный анализ за 2005–2020 гг. результатов аттестации рабочих мест по условиям труда и специальной оценки условий труда работников, контактировавших с биологическими патогенными агентами в соответствии с должностными обязанностями.

Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда при воздействии биологического фактора, по данным Росстата, ежегодно составляет порядка 0,4 %.

Заболевания, связанные с воздействием биологических факторов, в период с 2005 по 2019 г. занимали пятое ранговое место в структуре профессиональной патологии, в 2020 г., 2021 г. вышли на второе место и составили 20,19 и 26,28 % соответственно.

Ведущими нозологическими формами среди профессиональной патологии, обусловленной воздействием биологических факторов, явились заболевания, вызванные новой коронавирусной инфекцией, — 93,84 % (первое ранговое место), туберкулез — 4,29 % (второе ранговое место), пневмонии неуточненной этиологии — 0,81 % и бруцеллез — 0,57 % (третье и четвертое ранговые места соответственно) [4].

Анализ заболеваемости от воздействия биологических факторов показывает, что профессиональная патология регистрируется в основном среди медицинского персонала, ветеринарных работников и работников сельского хозяйства.

В рамках проведения специальной оценки условий труда (далее — СОУТ) идентификация биологического фактора как вредного и (или) опасного фактора производственной среды проводится исключительно на рабочих местах работников, контактирующих с ПБА, внесенных в «Классификатор вредных и (или) опасных производственных факторов», утвержденный приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н [3]. Вместе с тем имеется большой перечень рабочих мест работников, на которых биологический фактор является одним из ведущих факторов рабочей среды, но при СОУТ не идентифицируется как вредный производственный фактор, что не позволяет оценить риски нарушения здоровья и обосновать профилактические мероприятия (таблица 1).

Таблица 1 — Перечень рабочих мест работников, контактирующих с патогенными биологическими агентами

<b>Оценка условий труда работников при действии биологического фактора при СОУТ</b>	
<b>Регламентирована приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н</b>	<b>Не регламентирована и не проводится</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– рабочие места в организациях, осуществляющих деятельность в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных и (или) в замкнутых системах генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности при наличии соответствующих разрешительных документов (лицензии) на право осуществления такой деятельности;</li> <li>– рабочие места в организациях, осуществляющих деятельность в области использования в замкнутых системах генно-инженерно-модифицированных организмов II степени потенциальной опасности;</li> <li>– рабочие места медицинских и иных работников, непосредственно осуществляющих медицинскую деятельность;</li> <li>– рабочие места работников, непосредственно осуществляющих ветеринарную деятельность, государственный ветеринарный надзор и (или) проводящих ветеринарно-санитарную экспертизу.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– рабочие места работников сельского хозяйства;</li> <li>– рабочие места работников водоочистных сооружений и станций биологической очистки промышленных сточных вод, организаций по переработке бытовых отходов;</li> <li>– рабочие места работников, контактирующих с инфицированным или потенциально инфицированным материалом:               <ul style="list-style-type: none"> <li>а) предприятий кожевенной и мясной промышленности;</li> <li>б) патоморфологических отделений, прозекторских и моргов;</li> <li>в) жилищно-коммунального хозяйства, занятых ремонтом и обслуживанием канализационных приборов, коммуникаций и сооружений;</li> <li>г) рабочие места немедицинского персонала лечебно-профилактических инфекционных и противотуберкулезных учреждений;</li> </ul> </li> <li>– рабочие места работников рабочих профессий железнодорожной отрасли, имеющих контакт со средами, не отвечающими нормативам по микробиологическим показателям;</li> <li>– при проведении работ в условиях лесных массивов, геологических изысканий.</li> </ul>

Особое место в перечне рабочих мест, на которых условия труда по биологическому фактору не оцениваются, занимают работники агропроизводства. По данным Роспотребнадзора среди работников животноводства ежегодно регистрируются профессиональные заболевания, ведущей нозологической формой которых является бруцеллез. В 2018 г. заболевание бруцеллезом было выявлено у следующих категорий работников: рабочий по уходу за животными — 13,64%, чабан — 9,09%, ветеринарный врач — 22,73%, ветеринарный фельдшер — 9,09%. Темп прироста заболеваемости бруцеллезом за период 2005–2018 гг. составил 19,5% и в ближайшие годы интенсивность и распространенность бруцеллеза не имеют выраженной тенденции к снижению. Широкий спектр возбудителей зооантропонозных заболеваний бактериальной, грибковой и вирусной природы, с которыми работники сельского хозяйства находятся в контакте, значительно повышает риск заражения и, соответственно, способствует росту случаев профессиональных заболеваний от воздействия инфекционных агентов.

Учитывая сложившуюся ситуацию с оценкой биологического фактора, в рамках реализации механизма «регуляторной гильотины» и решения Коллегии Роспотребнадзора от 21.02.2020 «Условия труда в системе сохранения здоровья работающих как фактора достижения национальных целей развития Российской Федерации» усовершенствованы критерии и классификация условий труда при воздействии биологического фактора, которые включены в проект «Руководства по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда». Регламентирована оценка условий труда при проведении работ с ПБА, установленных санитарным законодательством, контакте с инфицированными больными и (или) материалом и любыми объектами, подозрительными на содержание патогенных для человека микроорганизмов, а также при работах с условно-патогенными микроорганизмами — возбудителями неинфекционных заболеваний (таблица 2).

Для определения классов условий труда при воздействии биологического фактора в соответствии с предложенной классификацией необходимо руководствоваться следующими положениями.

- Класс условий труда при работе с микроорганизмами-продуцентами, живыми клетками и спорами, содержащимися в бактериальных препаратах, устанавливается при сравнении фактических концентраций в воздухе рабочей зоны с ПДК, установленной санитарным законодательством.

- Класс условий труда при работе с патогенными биологическими агентами устанавливается независимо от их концентрации в воздухе рабочей зоны и без проведения исследований (испытаний) и измерений. Критерием оценки и классификации условий труда при работе с патогенными биологическими агентами является группа патогенности (опасности) микроорганизмов.

- Класс условий труда с патогенными биологическими агентами определяется при видах работ, установленных санитарным законодательством, и документальном подтверждении контакта с больными (человеком, животными), инфицированными патогенными микроорганизмами I–IV групп патогенности, потенциально инфицированным материалом и любыми объектами и материалами (включая полевой, клинический, секционный), подозрительными на содержание патогенных для человека микроорганизмов (далее — профессиональный контакт):

- опасный (экстремальный) 4 класс условий труда устанавливается при проведении работ и (или) профессиональном контакте с патогенными микроорганизмами I группы патогенности и возбудителями особо опасных инфекционных заболеваний;

- вредный 3.3 класс условий труда устанавливается при проведении работ и (или) профессиональном контакте с патогенными микроорганизмами II группы патогенности;

- вредный 3.2 класс условий труда устанавливается при проведении работ и (или) профессиональном контакте с патогенными микроорганизмами III группы патогенности;

- вредный 3.1 класс условий труда устанавливается при проведении работ и (или) профессиональном контакте с патогенными микроорганизмами IV группы патогенности.

- Вредный 3.1 класс условий труда устанавливается при работах с условно-патогенными микроорганизмами — возбудителями неинфекционных заболеваний (аллергозов и т.п.) независимо от концентрации данных веществ в воздухе рабочей зоны и без проведения исследований (испытаний) и измерений.

Таким образом, уточненные критерии и классификация условий труда позволят усовершенствовать методы оценки биологического фактора на рабочих местах работников, контактирующих с патогенными биологическими агентами и условно-патогенными микроорганизмами — возбудителями неинфекционных заболеваний, оценить профессиональные риски нарушения здоровья работников, повысить степень доказательности причинно-следственной связи заболевания с профессиональной деятельностью работника.

Таблица 2 — Классы условий труда по биологическому фактору

Биологический фактор, показатель	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
		2	3.1	3.2	3.3	
Микроорганизмы-продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериальных препаратах*	≤ ПДК	> 1,1–10,0	> 10,1–100,0	> 100,0	–	–
Патогенные биологические агенты** — патогенные микроорганизмы: I группы патогенности — возбудители инфекционных заболеваний и возбудители особо опасных инфекций*** II группы патогенности — возбудители инфекционных заболеваний III группы патогенности — возбудители инфекционных заболеваний IV группы патогенности — возбудители инфекционных заболеваний						+
Условно-патогенные микроорганизмы — возбудители неинфекционных заболеваний (аллергенов и т. п.)		+				

\* в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;

\*\* патогенные биологические агенты — патогенные для человека микроорганизмы (бактерии, вирусы, хламидии, риккетсии, грибы), включая генно-инженерно-модифицированные, яды биологического происхождения (токсины), а также любые объекты и материалы (включая полевой, клинический, секционный), подозрительные на содержание перечисленных агентов (постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. № 4 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»);

\*\*\* постановление Главного государственного санитарного врача от 11.05.2007 № 27 «О реализации международных медико-санитарных правил (2005)».

Примечание. К числу документов, подтверждающих наличие на рабочем месте контакта с патогенными микроорганизмами, относятся:

- лицензии на осуществление деятельности в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных (за исключением тех случаев, когда указанная деятельность осуществляется в медицинских целях) и генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности, осуществляемые в замкнутых системах;
- список должностей работников в соответствии с Номенклатурой должностей работников;
- должностные инструкции, разработанные в соответствии с ЕКС и содержащие конкретный перечень должностных обязанностей;
- результаты производственного контроля;
- формы федерального статистического наблюдения, содержащие информацию об инфекционных заболеваниях.

## Литература

1. О безопасности и гигиене труда и производственной среде [Электронный ресурс]: Конвенция № 155 Международной организации труда: принята в г. Женеве 22.06.1981 на 67-й сессии Генеральной конф. МОТ. — Режим доступа: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—ed\\_norm/—normes/documents/normativeinstrument/wcms\\_c155\\_ru.htm](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—ed_norm/—normes/documents/normativeinstrument/wcms_c155_ru.htm). — Дата доступа: 20.07.2022.
2. Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ 11 марта 2019 г. № 97. — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201903110045>. — Дата доступа: 04.05.2022.
3. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению [Электронный ресурс]: приказ Минтруда РФ 24.01.2014 № 33н: ред. от 27.04.2020. — Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_158398/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_158398/). — Дата доступа: 19.07.2022.

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. — 340 с.

5. Прокопенко, Л.В. Оценка биологического фактора на рабочих местах: вопросы и предложения / Л.В. Прокопенко, А.В. Лагутина // Медицина труда и промышленная экология. — 2018. — № 12. — С. 29–35.

Поступила 31.08.2022

## ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНЕЙ СТРУКТУРЫ СЛУЧАЕВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БОЛЕЗНЕЙ РАБОТАЮЩИХ И СЛУЖАЩИХ МИНСКА

<sup>1</sup> Семёнов И.П., к.м.н., доцент, 7778805@gmail.com,

<sup>2</sup> Постарнаков Т.Д., yod1998@gmail.com

<sup>1</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии», г. Минск, Республика Беларусь

Профессиональные заболевания являются наиболее негативной формой проявления отрицательного влияния производственных факторов на состояние здоровья человека, оказывают прямое влияние на качество жизни и экономику государства. Оценка причин и закономерностей формирования профессиональной заболеваемости является весьма значимой и актуальной для разработки, внедрения и проведения эффективной системы профилактических мероприятий [1, 2].

Минск — столица и крупнейший промышленный город Республики Беларусь. В нем находится ряд ведущих и крупнейших по численности работающих промышленных предприятий: ОАО «Минский тракторный завод» (выпускающий около 8–10% от мирового рынка колесных тракторов), ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Завод колесных тягачей», три станкостроительных завода и др. Совокупный объем промышленного производства в Минске в 2017 г. составил 14,95 млрд рублей (около 7,5 млрд долларов) — 15,85% общего объема промышленного производства в Республике Беларусь [3].

Целью исследования явилось установление особенностей формирования профессиональной заболеваемости у работающих контингентов города Минска за 2011–2020 гг. и определение ведущих производственных факторов, нозологических форм, предприятий и профессиональных групп для последующей разработки системы профилактических мероприятий.

Был проведен анализ 418 актов расследования профессиональных заболеваний, зарегистрированных у работников промышленных предприятий и служащих организаций, расположенных в городе Минске, за период 2011–2020 гг.

В ходе топографического анализа профессиональной заболеваемости установлено, что за период наблюдений у работников предприятий и организаций города Минска было зарегистрировано 418 случаев профессиональных заболеваний (острых и хронических). Это составило 44% от всех зарегистрированных случаев профессиональных заболеваний в республике (959 случаев) и свидетельствовало о значимо высоком вкладе предприятий и организаций столицы в общереспубликанский показатель.

Более половины случаев профессиональных болезней работников в Минске было зарегистрировано у мужчин (64,4%). Случаи профзаболеваний в подавляющем большинстве выявлены при медицинских осмотрах — 92,8%, остальные 7,2% — при обращении в организации здравоохранения, что указывает на достаточно высокую эффективность проведения обязательных медицинских осмотров работающих, занятых во вредных и опасных условиях труда на предприятиях города.

Причинами возникновения профессиональных заболеваний явились конструктивные и технические причины (59%), нарушение требований безопасности (34%), экстремальные ситуации или аварии (7% случаев). Указанное свидетельствует, что приоритетными мерами профилактики данного вида заболеваемости остаются мероприятия, направленные на совершенствование технологического процесса и оборудования, а также проведение инструктажей по технике безопасности на рабочем месте.

За период 2011–2019 гг. этиологические факторы, вызвавшие профессиональные заболевания, распределились в структуре случаев следующим образом: промышленные аэрозоли (73,24%, 1 ран-

говое место), физические факторы (28,3%, 2 место), химические факторы (3,7%, 3 место), биологические факторы (1,7%, 4 место), физические перегрузки (1,1%, 5 ранговое место). Изменение эпидемиологической ситуации и развитие пандемии COVID-19 в 2020 г. повлекло за собой изменение структуры случаев профпатологии. Так, при анализе многолетней структуры случаев профессиональной заболеваемости за 2011–2020 гг. по этиологическим факторам наблюдалось значительное увеличение доли биологических факторов, и распределение ранговых мест за данный период уже выглядело следующим образом: 1 ранговое место — промышленные аэрозоли (62,2%), 2 — физические факторы (17,2%), 3 место — биологические факторы (16,51%), 4 — химические факторы (3,11%), 5 ранговое место — физические перегрузки (0,96% случаев). Увеличение доли биологических факторов в развитии случаев профессиональных болезней на 14,81% за один год указывает на значительное выраженное влияние нового вируса SARS-CoV-2 в формировании профессиональной заболеваемости. При детальном анализе физических факторов, как причины развития профессиональных болезней за 2011–2020 гг. в Минске, установлено, что 84,7% случаев развились в результате воздействия производственного шума, 11,1% случаев обусловлены влиянием производственной вибрации, а ионизирующее излучение, температурный фактор и ультрафиолетовое излучение вызвали по 1,4% случаев профболезней.

Структура этиологических профессиональных факторов в значительной степени определила нозологическую структуру случаев профессиональных заболеваний в г. Минске за 2011–2020 гг.: треть случаев (1 ранговое место) приходится на хронический профессиональный бронхит (33,7%), 2 место — случаи инфекции COVID-19 (15,3%), 3 — профессиональная нейросенсорная тугоухость (15,1%); последующие 4–7 ранговые места в структуре случаев занимают соответственно силикоз (14,4%), хроническая обструктивная болезнь легких (5,0%), невропатии (3,1%), аллергопатологии (1,9%), туберкулез (1,4%); на другие менее значимые в структуре патологии в общей сумме приходится 10% оставшихся случаев.

Указанные особенности структуры случаев по нозологическим формам и этиологическим причинам возникновения профессиональных заболеваний в городе Минске подчеркивают приоритетность проведения профилактических мероприятий, направленных на снижение интенсивности воздействия значимых этиологических факторов: промышленных аэрозолей и вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны, шума, вибрации, биологических факторов.

При анализе распределения случаев профессиональных заболеваний у работников за 2011–2020 гг. в городе Минске по профессиям было выявлено, что первые 5 ранговых мест занимали соответственно (указаны в порядке убывания удельного веса): формовщик — 13,2% случаев, обрубщик — 12,9%, слесарь — 8,4%, электросварщик и медицинская сестра — по 7,2% случаев, врач-терапевт — 5% случаев.

Наиболее распространенные нозологические формы за период 2011–2020 гг. регистрировались чаще в следующих профессиональных группах: хронический пылевой бронхит — у формовщиков (24,8%) и обрубщиков (18,4%), случаи заболевания COVID-19 — в основном у медсестер (43,8%) и врачей-специалистов (32,8%), профессиональная нейросенсорная тугоухость — у слесарей (19%), наладчиков станков (9,5%) и кузнецов (7,9%), случаи заболевания силикозом встречались в основном у обрубщиков (35%) и формовщиков (25%).

За десятилетний период наблюдений (2011–2020 гг.) основной вклад в профессиональную заболеваемость по случаям в столице вносили два наиболее многочисленных предприятия машиностроения: ОАО «Минский тракторный завод» и ОАО «Минский автомобильный завод» (суммарная доля двух заводов по случаям составила 68,2%). Также отмечен высокий удельный вес организаций здравоохранения, что обусловлено пандемией COVID-19 — 16,99% случаев (71 случай из 418). В целом распределение случаев профессиональных болезней за 2011–2020 гг. по предприятиям и организациям столицы позволило определить 7 ведущих: 1 ранговое место — ОАО «Минский тракторный завод» (51,2% случаев), 2 место — ОАО «Минский автомобильный завод» (17%), 3 — УЗ «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи» (16%), 4 — УЗ «Городская клиническая инфекционная больница» (4,1%), 5 место — ГУ «Республиканский научно-практический центр пульмонологии и фтизиатрии» — (3,8%), 6 ранговое место делят ОАО «Минский завод отопительного оборудования» и УЗ «14-я центральная поликлиника Партизанского района города Минска» (по 2,5% случаев) и 7 ранговое место принадлежало ОАО «Минский подшипниковый завод» (1,5%).

За анализируемый период времени (2011–2020 гг.) всего зарегистрирован 71 случай профессиональных заболеваний у медицинских работников организаций здравоохранения города Минска. Обращает внимание, что в 2011–2019 гг. случаи профессиональных заболеваний регистрировались у медицинских работников весьма редко: 6 случаев за 9 лет (таблица 1). В 2020 г. зарегистрировано

было уже 65 случаев профессиональных заболеваний медработников, что обусловлено эпидемиологической обстановкой и развитием пандемии COVID-19.

Таблица 1 — Распределение случаев профессиональных заболеваний у медицинских работников по отдельным нозологическим формам

Нозологические формы	Абсолютное количество случаев (% за указанный период)		
	2011–2019 гг.	2020 г.	2011–2020 гг.
COVID-19	0 (0)	64 (98,48 %)	64 (90,24 %)
Туберкулез	5 (83,33 %)	1 (1,52 %)	6 (8,46 %)
Контактный дерматит	1 (16,67 %)	0 (0)	1 (1,41 %)
Всего	6 (100 %)	65 (100 %)	71 (100 %)

Таким образом, установлено, что за 2011–2020 гг. предприятия и организации, расположенные на административной территории города Минска, по количеству зарегистрированных случаев профессиональных заболеваний у работников вносят определяющий вклад (44 %) в структуру случаев профессиональных болезней Республики Беларусь, при этом следует отметить, что профессиональные заболевания регистрировались у разнообразных профессиональных групп работающих, что обусловлено многопрофильностью организаций и предприятий, расположенных в столице, а также их многочисленностью по общему количеству работающих. Сформировавшиеся условия труда и присоединение к ним на последнем году анализируемого периода вируса SARS-CoV-2, как вредного профессионального фактора (в первую очередь — для медицинских работников), значительно повлияло на структуру и определило особенности распределения случаев профессиональных заболеваний рабочих и служащих города Минска по нозологическим формам и профессиональным группам, обеспечив увеличение доли случаев профессиональных заболеваний, зарегистрированных у работников организаций здравоохранения за счет биологического фактора. Полученные результаты анализа многолетней структуры случаев профессиональных заболеваний явились основой продолжения лонгитудинального топографического исследования профессиональной заболеваемости для последующего совершенствования системы профилактических мероприятий по предупреждению развития профессиональной патологии, в том числе в условиях пандемии COVID-19.

### Литература

1. Совместные оценки ВОЗ/МОТ бремени болезней и травматизма в связи с трудовой деятельностью, 2000–2016 гг.: отчет о НИР от 17 сентября 2021 г.; ВОЗ. — № 3579.
2. Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases / ed.: Shengli Niu [et al.]. — Geneva: International Labour Organization, 2022. — 629 p.
3. Статистический ежегодник города Минска / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, Гл. стат. упр. г. Минска. — Минск, 2018. — С. 162.

Поступила 13.09.2022

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У СТАЖИРОВАННЫХ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Скавронская М.В., [chudinovamv21@gmail.com](mailto:chudinovamv21@gmail.com)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Многочисленные эндо- и экзогенные факторы: ультрафиолетовая часть солнечного света, вредные привычки, хронические заболевания, метаболические нарушения оказывают негативное влияние на структуры глаза. Среди офтальмологической патологии особое место занимает поражение макулы — зоны сетчатки, отвечающей за центральное зрение. Возрастная макулярная дегенерация (далее — ВМД) является одной из нозологических форм, наиболее часто вызывающих потерю зрения среди населения развитых стран мира, характеризуется необратимым прогрессирующим поражением центральной

фотоактивной зоны сетчатки. Заболевание является многофакторным, патогенез его до сих пор представляет интерес для офтальмологов всего мира. Основную роль в нем отводят окислительному стрессу [1].

Результаты многочисленных исследований, направленных на выявление взаимосвязи ВМД с различными этиологическими факторами, весьма неоднозначны. Среди системных заболеваний наибольшая взаимосвязь с развитием ВМД обнаружена для сахарного диабета и атеросклероза. Для профилактической медицины наибольший интерес, безусловно, представляют модифицируемые факторы риска, среди которых выделяют курение, физическую активность, ожирение, экспозицию солнечного света [2, 3].

Солнечное излучение содержит широкий диапазон частот всего электромагнитного спектра. По данным Международной комиссии по освещению спектр оптического излучения можно классифицировать как ультрафиолетовое излучение (далее — УФ), состоящее из УФ-С (длина волны; 100–280 нм), УФ-В (280–315 нм) и УФ-А (315–400 нм); видимое излучение (400–780 нм). Инфракрасное излучение (далее — ИК), разделенное на ИК-А (780–1400 нм), ИК-В (1400–3000 нм) и ИК-С (1 мм — 3000 нм). В зависимости от длины волны поглощение происходит различными структурами глаза, и, следовательно, возможны различные термические и фотохимические эффекты. Ультрафиолетовая часть солнечного спектра оказывает влияние на различные структуры глаза, вызывая острые — фотоофтальмию, и хронические заболевания — катаракту, птеригиум, а также изменения в центральной зоне сетчатки (макуле). УФ-С, ИК-С поглощаются роговицей, в то время как УФ-А, УФ-В, ИК-А, ИК-В поглощаются и роговицей, и хрусталиком. Сетчатки достигают 1–2 % ближнего УФ-А, весь видимый спектр и ближний инфракрасный (ИК-А) [3].

Несмотря на то что водители транспортных средств не относятся к группе работающих под открытым небом, тем не менее их зрительный анализатор, работающий на пределе возможностей, значительную часть дневной смены находится под воздействием солнечных лучей. Кроме того, курение, несоблюдение режима работы и отдыха, малоподвижный образ жизни также негативно сказываются на состоянии микроциркуляции сетчатки.

Заболевания глаза и его придаточного аппарата ежегодно занимают лидирующие позиции в структуре нозологий, являющихся причиной недопуска к работе. При этом по данным статистической отчетности по результатам периодических медицинских осмотров (далее — ПМО), проводимых на базе клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова» (г. Москва) водители в 2020 г. оказались наиболее многочисленной группой лиц с выявленными противопоказаниями. Основными патологиями были артефакция и аномалия цветового зрения.

В случае уже сформировавшейся патологии глаза работник чаще всего оказывается непригодным к выполнению отдельных видов работ, поэтому профилактика заболеваний глаз и поиск этиологических факторов на доклиническом уровне крайне актуальны.

Одним из исследований, позволяющим оценить функциональное состояние сетчатки, является статическая компьютерная периметрия. Испытуемому представляются световые импульсы разной степени яркости, в случае узнавания которых он должен отреагировать нажатием на кнопку. В зависимости от выбранной программы можно провести оценку разных областей поля зрения. Данная методика используется врачами-офтальмологами для диагностики патологии сетчатки. При этом субклинические изменения, регистрируемые как снижение светочувствительности, могут не снижать остроту зрения и не быть включены в нозологическую единицу, но влиять на качество получаемого изображения.

В нашем исследовании приняли участие 65 человек: 35 водителей транспортных средств категории «В» (группа В) и 30 человек группы контроля (группа К), которую составили представители различных профессий (операторы технологических установок, грузчики, аппаратчики полимеризации, рабочие), не являющиеся профессиональными водителями. Условиями участия для всех являлись мужской пол, возраст от 40 до 60 лет, для водителей — стаж профессионального вождения не менее 15 лет, для группы контроля — класс условий труда не более 3.1. Критериями исключения для обеих групп являлись наличие в анамнезе сахарного диабета, ишемической болезни сердца, глазных операций и хронической патологии органа зрения; острота зрения хуже видящего глаза менее 0,5 без коррекции.

Согласно санитарно-гигиенической оценке рабочего процесса водителей автомобиля категории «В», преобладающими факторами являются тяжесть трудового процесса, связанная с нахождением работника в неудобной и/или фиксированной позе, и напряженность, включающая интеллектуальные, сенсорные и эмоциональные нагрузки. Для представителей группы контроля характерно воздействие химических и физических факторов.

Работа проводилась в рамках ПМО на базе клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова». Всем обследуемым проводился стандартный офтальмологический осмотр (авторефрактометрия, визометрия, пневмотонометрия, биомикроскопия, офтальмоскопия), определение пороговой чувствительности к свету макулярной зоны в пределах 12 градусов с помощью статической компьютерной периметрии в программе «Macula standart» (периметр Octopus 900, HAAG-STREIT, Швеция).

Для сравнения использовались следующие параметры: MS — средняя светочувствительность (дБ), MD — среднее отклонение светочувствительности (дефект) от возрастной нормы (норма < 2,0 дБ), sLV — стандартное отклонение паттерна, характеризует глубину локальных дефектов и неравномерность поля зрения (норма < 2,5 дБ) для правого (далее — OD) и левого (далее — OS) глаза отдельно. В исследование принимались результаты периметрии с коэффициентом надежности (далее — RF) не более 15. Помимо этого были учтены:

1) данные анамнеза (наличие артериальной гипертензии, курение, расчет индекса пачка / лет = числу выкуриваемых сигарет в день × стаж курения (в годах) / 20);

2) результаты биохимического анализа крови: глюкоза, общий холестерин.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы SPSS. Распределение в группах по возрасту и полученным данным статической периметрии нормальное (критерий Колмогорова — Смирнова). Для выявления различий между группами были применены: критерий  $\chi^2$  для определения различий двух или нескольких относительных показателей; t-критерий Стьюдента для независимых выборок; однофакторный дисперсионный анализ. Проведен корреляционный анализ с использованием критерия Пирсона (r) и Спирмена (R). Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Характеристики в группе водителей распределились следующим образом. Данные анамнеза:  $M_e$  возраста = 52 года ( $Q_1 = 48$ ,  $Q_3 = 55$ ); общий стаж работы водителем  $M_e = 32$  года ( $Q_1 = 26$ ,  $Q_3 = 35$ ); курят 23 человека (65,7%); стаж курения  $\mu = 20,02$  года ( $SE = 2,6797$ ); индекс пачка/лет  $\mu = 16,32$  ( $SE = 2,8812$ ). Данные статической компьютерной периметрии: MS OD  $\mu = 28,0057$  ( $\sigma = \pm 1,68$ ); MD OD  $\mu = 1,9257$  ( $\sigma = \pm 1,54907$ ); sLV OD  $\mu = 1,68$  ( $\sigma = \pm 0,59118$ ); MS OS  $\mu = 28,0788$  ( $\sigma = \pm 1,67738$ ); MD OS  $\mu = 1,9273$  ( $\sigma = \pm 1,59732$ ); sLV OS  $\mu = 1,6515$  ( $\sigma = \pm 0,37510$ ). Острота зрения: OD  $\mu = 0,8657$  ( $\sigma = \pm 0,19992$ ); OS  $\mu = 0,8257$  ( $\sigma = \pm 0,23307$ ). Лабораторная диагностика: глюкоза  $\mu = 6,35$  ( $\sigma = \pm 0,985$ ); холестерин  $5,8914$  ( $\sigma = \pm 0,49705$ ).

Характеристики группы контроля. Данные анамнеза:  $M_e$  возраста = 51,5 года ( $Q_1 = 48$ ,  $Q_3 = 54$ ); курят 9 человек (30%); стаж курения  $\mu = 6,5$  года ( $SE = 1,6644$ ); индекс пачка/лет  $\mu = 5,2$  ( $SE = 1,4411$ ). Данные статической компьютерной периметрии: MS OD  $\mu = 28,3963$  ( $\sigma = \pm 1,37155$ ); MD OD  $\mu = 1,6889$  ( $\sigma = \pm 1,24633$ ); sLV OD  $\mu = 1,7481$  ( $\sigma = \pm 0,54938$ ); MS OS  $\mu = 28,3793$  ( $\sigma = \pm 1,27766$ ); MD OS  $\mu = 1,6448$  ( $\sigma = \pm 1,14036$ ); sLV OS  $\mu = 1,5172$  ( $\sigma = \pm 0,33495$ ). Острота зрения OD  $\mu = 0,8567$  ( $\sigma = \pm 0,20625$ ); OS  $\mu = 0,87$  ( $\sigma = \pm 0,20197$ ). Лабораторная диагностика: глюкоза  $\mu = 6,34$  ( $\sigma = \pm 1,078$ ); холестерин  $\mu = 5,4643$  ( $\sigma = \pm 1,63893$ ).

При сравнении групп выявлено, что среди водителей курильщиков было больше  $\chi^2(1) = 8,244$ ,  $p = 0,04$ . Достоверными оказались различия в длительности курения в годах  $t(58,532) = 4,124$ ,  $p = 0,00$ ; индекс пачка/лет  $t(49,507) = 3,452$ ,  $p = 0,01$ .

Для изменений, выявляемых при офтальмологическом осмотре (факосклероз, ангиопатия сетчатки, ангиосклероз сетчатки), уровня глюкозы, холестерина, наличия артериальной гипертензии статистически значимых различий не выявлено.

При изучении результатов определения светочувствительности статистически значимых различий между двумя группами не выявлено. Сравнение проводилось отдельно для каждого глаза.

Несмотря на отсутствие достоверных различий по результатам статической периметрии в двух группах, при проведении однофакторного дисперсионного анализа выявлена стабильная тенденция к более выраженному снижению светочувствительности у водителей. Проведено сравнение маргинальных средних для показателя средней светочувствительности на примере левого глаза для двух возрастных групп (интервал 41–50; 51–60), а также в зависимости от факта курения (рисунок 1).

Целью проведения корреляционного анализа являлось выявление факторов, оказывающих негативное влияние на светочувствительность испытуемых (обратная связь с MS, прямая с MD, sLV), значимые данные представлены в таблице 1.

В группе водителей определена связь между более высоким уровнем глюкозы и наличием ангиосклероза сетчатки с пониженной светочувствительностью. В свою очередь, наличие ангиосклероза сетчатки в обеих группах напрямую связано с индексом пачка/лет (в группе водителей 0,40; в контрольной группе 0,39).

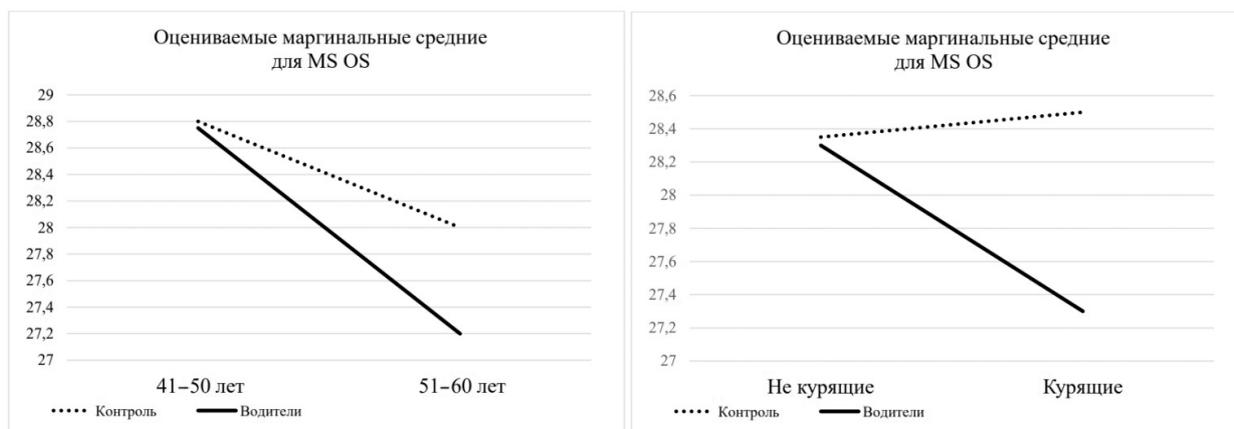


Рисунок 1 — Зависимость показателя светочувствительности от возраста и фактора курения у обследованных

Таблица 1 — Результаты корреляционного анализа

Показатель	Показатель / группа									
	Возраст		Факосклероз		Ангиосклероз		Глюкоза		Индекс пачка / лет	
	В	К	В	К	В	К	В	К	В	К
MS OD	- 0,45	- 0,73		- 0,4	- 0,44		- 0,3		- 0,28	- 0,01
MD OD	0,43	0,67	0,32	0,44	0,44		0,36		0,21	- 0,003
sLV OD					0,41		0,45			
MS OS	- 0,47	- 0,56			- 0,4	- 0,36	- 0,46		- 0,28	- 0,03
MD OS	0,4	0,53			0,39	0,41			0,26	- 0,1
sLV OS				0,37						
Ангиопатия			0,32							
Ангиосклероз	0,32	0,41							0,40	0,39
Факосклероз		0,38								
Глюкоза	0,35									
Холестерин				0,47		0,5				0,46

Примечания:  
1) В — водители;  
2) К — контроль.

Помимо этого в группе водителей выявлена прямая корреляция общего стажа работы с курением (0,40) и индексом пачка / лет (0,53). Наличие ангиосклероза в большей степени связано с общим стажем (0,44), чем с возрастом (0,32). Предсказуемо напрямую взаимосвязаны сосудистые изменения сетчатки (ангиопатия), факосклероз (0,32) и артериальная гипертензия (0,319).

В группе контроля выявлена прямая корреляционная связь значений холестерина крови с наличием факосклероза (0,47) и ангиосклероза сетчатки (0,49). С наличием гипергликемии (Glu выше 6,0 ммоль/л) напрямую связана продолжительность курения (0,43) и индекс пачка / лет (0,40). Уровень холестерина выше у курильщиков (0,58) и взаимосвязан с индексом пачка / лет (0,46).

По результатам работы достоверных различий в уровне средней светочувствительности, глубине локальных дефектов и неравномерности поля зрения среди групп не выявлено. Однако отмечена тенденция к более выраженному снижению показателей светочувствительности в зависимости от возраста и факта курения у водителей. Определена обратная связь возраста и ангиосклероза сетчатки со светочувствительностью в обеих группах.

На данном этапе исследования делать выводы о влиянии факторов внешней среды / рабочего процесса / образа жизни на зрительный анализатор у водителей в большей степени, чем в популяции, преждевременно. Функциональные изменения глаза, на примере определения светочувствительности, во многом связаны с изменениями в микроциркуляторном русле, которые являются

и отображением процесса старения в целом, и развиваются под воздействием различных факторов, таких как курение и артериальная гипертензия.

Выявленная тенденция к более низким показателям пороговой чувствительности к свету среди водителей создает предпосылки для продолжения работы, изменения критериев отбора в группу контроля, с учетом возможного воздействия других факторов трудового процесса — шума и вибрации — оказывающих влияние на микроциркуляторное русло сетчатки.

## Литература

1. Всемирный доклад о проблемах зрения = World report on vision. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2020. — С. 16–29.
2. Здравоохранение в России 2021: стат. сб. / Росстат. — М., 2021. — С. 29.
3. Update and guidance on management of myopia. European Society of Ophthalmology in Cooperation with International Myopia Institute / J. Németh [et al.] // Eur. J. Ophthalmol. — 2021. — Vol. 31, iss. 3. — P. 853–883.

Поступила 29.08.2022

## ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФПРИГОДНОСТИ РАБОТНИКОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Скавронская М.В., *chudinovamv21@gmail.com*,  
Федина И.Н., д.м.н., профессор, *infed@yandex.ru*,  
Большакова В.А., к.м.н., *viktorialex1@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Среди различных групп населения Российской Федерации (далее — РФ) на протяжении длительного времени болезни глаза и его придаточного аппарата достаточно широко распространены. В 2020 г. выявлено (в том числе впервые) 12,8 млн случаев офтальмологической патологии, т.е. 5,6 % от общего числа заболевших (в 2019 г. — 6,2 %) [2].

Миопия — наиболее распространенное офтальмологическое заболевание, признанное глобальной проблемой общественного здравоохранения. На сегодняшний день в мире насчитывается 2,6 млрд человек, страдающих миопией, при этом, по прогнозу ВОЗ, к 2050 г. их число возрастет до 4,9 млрд. Прогнозируется, что миопия в ближайшем будущем станет наиболее распространенной причиной необратимого нарушения зрения и слепоты во всем мире, в том числе в связи с тем, что близорукость увеличивает риск других патологических изменений глаза, таких как катаракта, глаукома и отслойка сетчатки. При этом работники с нарушениями зрения часто имеют более низкие показатели производительности труда [1, 3].

По классификации ВОЗ острота зрения без коррекции менее 0,5 относится к категории «легкого снижения зрения», но даже это состояние может привести к недопуску или отстранению от выполнения определенных видов работ, что влияет на трудовую и материальную сферы жизни трудоспособного населения [2].

На протяжении последних 10 лет периодические медицинские осмотры (далее — ПМО) работников проводились на основании Приказа Минздравсоцразвития РФ № 302н от 12.04.2011 «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда», с вступлением в силу с 1 апреля 2021 г. Приказа Министерства здравоохранения РФ от 28.01.2021 № 29н изменился порядок проведения ПМО, отмечен ряд изменений по установлению медицинских противопоказаний к допуску работников к отдельным видам работ, в том числе со стороны органа зрения, что повлияло на работу врачей различных специальностей, в том числе офтальмологов.

Ключевые изменения в определении медицинских противопоказаний со стороны органа зрения коснулись в первую очередь работ на высоте. Ранее противопоказанием к работам на высоте, верхолазным работам, а также работам по обслуживанию подъемных сооружений согласно п. 1 При-

ложения 2 Приказа № 302н являлась острота зрения без коррекции менее 0,5 на лучшем глазу и менее 0,2 — на худшем.

Приказом № 29н введен дифференцированный подход и разграничение медицинских противопоказаний для работ, относящихся к п. 6.1 (работы с высоким риском падения работника с высоты, а также работы на высоте без применения средств подмащивания, выполняемые на высоте 5 м и более; работы, выполняемые на площадках на расстоянии менее 2 м от неогражденных (при отсутствии защитных ограждений) перепадов по высоте более 5 м либо при высоте ограждений, составляющей менее 1,1 м). Противопоказанием к работе со стороны патологии глаза и его придаточного аппарата являются заболевания и нарушения, приводящие к снижению остроты зрения без коррекции менее 0,3 на лучшем глазу, менее 0,2 — на худшем.

В соответствии с п. 6.2 (прочие работы, относящиеся в соответствии с законодательством по охране труда к работам на высоте) противопоказанием являются заболевания и нарушения, приводящие к снижению остроты зрения с коррекцией менее 0,5 на лучшем глазу, менее 0,2 — на худшем глазу.

Со вступлением в силу нового приказа противопоказания к управлению транспортными средствами всех категорий определяются Постановлением Правительства РФ от 29.04.2014 № 1604 «О перечнях медицинских противопоказаний, медицинских показаний и медицинских ограничений к управлению транспортным средством», вследствие чего из ряда противопоказаний были исключены такие заболевания и состояния, как артефакция (наличие искусственного хрусталика), аномалия цветового зрения, глаукома 1-й и 2-й стадии.

Кроме того, важным с клинической точки зрения является внесение в число противопоказаний офтальмогипертензии с уровнем внутриглазного давления 27 мм рт. ст. и выше (п. 26а Приложения 2 к Приказу № 29н). Такие работники в обязательном порядке направляются на дообследование в связи с подозрением на глаукому, подбор гипотензивной терапии и подлежат диспансерному наблюдению с целью сохранения зрительных функций и трудоспособности. В связи с тем, что у 10,9% больных глаукомой наблюдается умеренное или тяжелое нарушение зрения вдаль или слепота, проблема регулярного наблюдения и подбора эффективного гипотензивного режима для них крайне значима.

Нами проведен сравнительный анализ выявленных противопоказаний в связи с болезнями глаза и его придаточного аппарата по результатам ПМО в 2020 и 2021 гг.

По данным электронных медицинских карт работников, проходивших ПМО в клинике ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» в 2020 г. (по Приказу № 302н) и с 1 апреля 2021 г. по 1 апреля 2022 г. (по Приказу № 29н), с выявленными противопоказаниями к работе в связи с болезнями глаза и его придаточного аппарата определена структура патологии органа зрения, явившейся причиной профнепригодности.

В 2020 г. в клинике ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» по Приказу Минздрава РФ от 5.05.2016 № 282н «Об утверждении порядка проведения экспертизы профессиональной пригодности и формы медицинского заключения о пригодности или непригодности к выполнению отдельных видов работ» проведено 1115 экспертиз профпригодности, в 2021 г. — 903. Среди них медицинские противопоказания к работе со стороны органа зрения имели: в 2020 г. — 256 человек (22,9%), в 2021 г. — 272 (30,1%). Из общего числа пациентов, осмотренных офтальмологом в 2021 г., противопоказания были выявлены лишь у 0,9%, в 2020 г. — у 1,7%.

Среди всей выявленной офтальмологической патологии наиболее многочисленной группой являются аномалии рефракции (гиперметропия, миопия, астигматизм, пресбиопия и их сочетание), на их долю приходится 53,9% всех установленных диагнозов за 2021 г. Второй по частоте встречаемости нозологической формой являются фоновые ретинопатии и ретинальные сосудистые изменения — 20,6%. По сравнению с 2020 г. увеличилась доля обследуемых с помутнениями хрусталика различного характера, при этом значительно снизилось число прооперированных пациентов, имеющих интраокулярные линзы.

В структуре заболеваний глаза и его придаточного аппарата, ставших причиной проведения экспертизы профпригодности, из года в год также лидирующую позицию занимают аномалии рефракции. В 2020 г. данная патология была установлена у 167 человек (65,2%), среди них миопия — 133, гиперметропия — 29, астигматизм — 5. В 2021 г. доля аномалий рефракции увеличилась до 72,8% (198 работников), аномалии рефракции в виде миопии выявлены у 131, гиперметропия — у 33, астигматизм — у 34 работников.

Среди видов работ, к которым были выявлены противопоказания в 2020 г., преобладали работы на высоте, согласно п. 1 Приложения 2 Приказа № 302н — 51,9% (133 случая). Вторыми по частоте были работы, связанные с управлением транспортными средствами (п. 27 Приложения 2) — 26,9% (69 случаев).

По Приказу № 29н лидирующую позицию также занимают противопоказания к работам на высоте — 71,3% (194 случая), из них по п. 6.1 противопоказания выявлены у 184 работников.

Также в 2021 г. ПМО проходили работники, у которых ранее были выявлены противопоказания к работам на высоте со стороны органа зрения и которые были допущены к работе, согласно новым нормативам Приказа № 29н по п. 6.1 — 7 человек, по п. 6.2 — 20 человек.

Таким образом, анализируя результаты работы в течение последнего года по новому порядку определения профпригодности в условиях воздействия вредных производственных факторов, можно утверждать, что он позволил сократить число лиц с противопоказаниями со стороны органа зрения в 1,8 раза, что способствует расширению возможностей для трудоустройства, сохранению кадрового состава, а также, в случае офтальмогипертензии, — раннему выявлению глаукомы и сохранению зрения работников.

## Литература

1. Всемирный доклад о проблемах зрения = World report on vision. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2020. — С. 16–29.
2. Здравоохранение в России 2021: стат. сб. / Росстат. — М., 2021. — С. 29.
3. Update and guidance on management of myopia. European Society of Ophthalmology in Cooperation with International Myopia Institute / J. Németh [et al.] // Eur. J. Ophthalmol. — 2021. — Vol. 31, iss. 3. — P. 2–3.

Поступила 29.08.2022

## ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ НА КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ

<sup>1</sup> Соболевская О.В., д.м.н., профессор, [ov\\_sobolevskaya@guu.ru](mailto:ov_sobolevskaya@guu.ru),

<sup>1,2</sup> Черепов В.М., д.м.н., профессор, [vm\\_cherepov@guu.ru](mailto:vm_cherepov@guu.ru)

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет управления», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup> Общероссийская общественная организация «Российский союз промышленников и предпринимателей», г. Москва, Россия

Российское законодательство стоит на страже здоровья работающего населения, стимулируя и контролируя работодателей на мероприятия по созданию здоровых условий и режимов труда, на обеспечение возможностей сохранения и укрепления здоровья сотрудников.

Но большинство работодателей сами осознают, что важным условием обеспечения их конкурентоспособности является подбор и долговременное удержание высококвалифицированного персонала. Поэтому предприятия, работающие в условиях конкуренции, заинтересованы в здоровой рабочей силе, от которой зависят и производительность труда, и уровень мотивации к труду, и в целом имидж предприятия. Многие из них добровольно активно участвуют в различных социальных программах, направленных на решение самых сложных задач, целью которых является повышение благосостояния не только работников и членов их семей, но и граждан, проживающих в регионе присутствия предприятия. Подчас эти программы не дополняют, а возмещают обязательные государственные гарантии.

Ситуация усугубляется тем, что в условиях прогрессирующей трудонедостаточности нарастающий дефицит в квалифицированных рабочих испытывают более 70% российских компаний. При этом сокращение трудовых ресурсов сопровождается ухудшением показателей здоровья трудоспособного населения, что ведет к потере работоспособности работников, снижению производительности труда и, соответственно, к экономическим потерям предприятий.

Вместе с тем многочисленные исследования показали, что около  $\frac{2}{3}$  экономических потерь, вызванных причинами, связанными с работой, можно предотвратить с помощью организованных программ охраны здоровья. А имеющийся опыт реализации программ профилактики и укрепления здоровья работников на предприятиях доказывают их социальную и экономическую эффективность.

На протяжении последних лет в крупных компаниях стратегия социальной политики имела две составляющие: внешнюю, включающую спонсорскую и благотворительную деятельность, и приоритетную внутреннюю составляющую, направленную не только на охрану труда, но и на сохранение и развитие человеческого потенциала и здоровья работников.

Передовые компании по уровню развития охраны здоровья сформировали в своей структуре корпоративные системы охраны здоровья, включающие направления на создание безопасных и комфортных условий труда, оценку и борьбу с профессиональными рисками, сохранение здоровья и профессионального долголетия сотрудников, профилактику профессиональных заболеваний, повышение доступности и качества медицинской помощи, поддержание и популяризацию здорового образа жизни, определение индикаторов экономической и социальной эффективности.

Характерной особенностью организации медицинского обслуживания в передовых компаниях является комплексный подход, который предполагает предоставление всех видов медицинской помощи по единым стандартам лечения с применением уникальных методик. Формированию единых подходов и критериев оценки качества медико-профилактических мероприятий на предприятии способствует внедрение корпоративных стандартов, учитывающих специфику производства.

Многие компании-лидеры (ОАО «РЖД», АО «СУЭК», ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Газпром нефть», ПАО «ФосАгро» и другие) имеют целостную структуру, осуществляющую полный цикл медицинского обслуживания сотрудников: от медосмотров, диспансеризации, диагностики, лечения, реабилитации до профилактики, оздоровления и просветительских программ.

Использование специальных автоматизированных комплексов предсменного медицинского осмотра на рабочем месте позволяет сократить время их прохождения, повысить объективность оценки всех законодательно требуемых параметров и исключить влияние человеческого фактора на результаты осмотра.

Для организации медосмотров и своевременного оказания медицинской помощи на удаленных объектах и работающим вахтовым методом эффективно функционирующие корпоративные системы здравоохранения разрабатывают и реализуют технологии дистанционного контроля за состоянием здоровья работников, используют современные лечебно-диагностические комплексы, методы телемедицины и передачи данных по закрытым каналам сети Интернет.

Наиболее эффективно зарекомендовали себя корпоративные системы, построенные по цеховому принципу, позволяющие осуществлять медицинское сопровождение работников на всех этапах их производственной деятельности, что обеспечивает раннее выявление нарушений в состоянии здоровья, связанные с работой, своевременное лечение и осуществление профилактических мероприятий на рабочих местах в зависимости от характера и интенсивности воздействия производственных факторов и показателей заболеваемости, с учетом индивидуальных профессиональных рисков.

Серьезной проверкой организации охраны здоровья работников на предприятиях стала пандемия новой коронавирусной инфекции. В условиях распространения инфекции предприниматели были вынуждены экстренно вводить меры профилактики, направленные на предотвращение распространения инфекции, и решать нетипичные задачи по поддержанию эффективности работы сотрудников. Приоритетным направлением деятельности для предпринимателей стало обеспечение стабильной бесперебойной работы предприятий, создание дополнительных безопасных условий труда и сохранение здоровья работников.

Для создания безопасных условий труда все компании предпринимали комплекс мер, включающий и обеспечение сотрудников антисептическими средствами и средствами индивидуальной защиты, и регулярное проведение санитарной обработки помещений, и создание условий для гибкой организации труда, и создание целой системы по недопущению инфицированных на территорию предприятий, особенно на предприятиях с непрерывным циклом, где работа осуществляется вахтовым методом (ПАО «СИБУР Холдинг», ПАО «Газпром нефть», АО «СУЭК» и другие), и информационное обеспечение, и реабилитационные программы для сотрудников, а также меры социальной поддержки. Многие предприятия, особенно градообразующие, организовали эффективное взаимодействие с региональными властями при осуществлении лабораторного тестирования сотрудников предприятия и контроля въезда в город, а также организации вакцинации не только сотрудников, но и членов их семей. Все это позволило предотвратить, а во многих случаях (например, в компании ОАО «Сахалинская Энергия») избежать инфекции на предприятиях, а также повлиять на уровень инфицирования в городах присутствия.

Передовые компании, имеющие развитую корпоративную систему охраны здоровья с целостной структурой медицинского обслуживания работников и отработанные стандарты оказания медицинской помощи, в кратчайшие сроки смогли организовать деятельность в соответствии с новыми реалиями и разработать алгоритмы действий медицинских работников в случае выявления больного с подозрением на COVID-19.

В условиях неблагоприятной ситуации по коронавирусной инфекции изменения коснулись проведения обязательных медицинских осмотров. Крупные компании, такие как АО «СУЭК», ПАО

«Газпром нефть», «РЖД-Медицина», ПАО «НЛМК» и другие ввели новые правила организации и прохождения периодических медосмотров работников с соблюдением дополнительных необходимых противоэпидемических мероприятий. С этой целью при предсменных и предрейсовых медосмотрах применялись автоматизированные системы контроля.

В период пандемии крупный бизнес выступил партнером государства в возведении модульных корпусов новых инфекционных стационаров, строительства и дооснащения необходимым оборудованием лабораторий и больниц в регионах присутствия, оказывал финансовую помощь медицинским организациям по приобретению тест-систем и средств индивидуальной защиты, выделял значительные финансовые средства на приобретение автомобилей скорой помощи, оснащенных аппаратами ИВЛ.

Новым вызовом стало введение экономических санкций со стороны недружественных государств в отношении Российской Федерации, в том числе и в отношении крупных предприятий — членов ООО «Российский союз промышленников и предпринимателей». Понятно, что эти санкции повлекут сокращение расходов на социальные программы. В этих условиях особое значение приобретает определение, сохранение и развитие наиболее эффективных здоровьесберегающих программ.

Так, опыт компаний-лидеров свидетельствует о высокой эффективности комплекса программ здорового образа жизни, включающего профилактику потребления табака и алкоголя, здоровое питание и питьевой режим, физическую активность, сохранение психического здоровья (ОАО «РЖД», ПАО «Северсталь», ПАО «ФосАгро» и многие другие). Например, в АО «СУЭК» программы «Здоровье», «Здоровый сон», «Здоровое питание», «Живая вода», антитабачная программа позволили за 5 лет снизить долю курильщиков на 14,4%, в 2 раза сократить число часто и длительно болеющих, на 21,5% число не болеющих с потерей трудоспособности. Программа «Здоровье Северстали» позволила сократить заболеваемость работников на 27,1%.

В основу политики по охране здоровья работающих компании закладывают взаимные обязательства работодателя по организации профилактических и лечебных программ и работника по ответственному отношению к собственному и коллективному здоровью. Однако, несмотря на созданные условия для поддержания здоровья на предприятиях и в регионах их присутствия, следует отметить отсутствие зачастую у работников приверженности к сохранению собственного здоровья и профилактике заболеваний. Даже наличие современной хорошо оснащенной спортивной базы не всегда является стимулом для физической активности сотрудников. Так, например, из 76 тысяч сотрудников компании ПАО «ГМК «Норильский никель», имеющей на своих предприятиях спортивные залы, их посещают только 6 тысяч сотрудников.

Большое значение в формировании приверженности работников к ЗОЖ имеет пример руководителей предприятий, участвующих в организации и проведении спортивно-оздоровительных программ и культурно-массовых акций (ПАО «Северсталь», ПАО «ФосАгро»).

Компанией ПАО «ФосАгро» с 2002 г. осуществляется благотворительный проект «ДРОЗД» для детей, живущих в городах присутствия компании, который нацелен на развитие дополнительного образования и спорта, пропаганду здорового образа жизни, приобщение к духовным ценностям, патриотическое воспитание и интеллектуальное развитие подрастающего поколения. Во всех городах присутствия группы ПАО «ФосАгро» созданы образовательные центры «ДРОЗД», программы которых охватывают до 70% школьников.

А в компании ОАО «РЖД» разработанная программа популяризации здорового образа жизни включает создание команд «Агентов ЗОЖ», которые продвигают ценности здорового образа жизни в коллективе, организуют мероприятия в сфере ЗОЖ, формируют у работников мотивацию к бережному отношению к своему здоровью. Такая активная информационно-коммуникационная кампания, включающая более 24 тысяч мероприятий, которые за 2021 г. позволила, несмотря на высокий уровень заболеваемости COVID-19, сократить в целом заболеваемость с временной утратой трудоспособности на 10%.

То есть накопленный опыт в организации охраны здоровья на предприятиях-лидерах готов к тиражированию.

Вместе с тем развитие направлений по охране здоровья выходит за рамки обязательных требований к работодателям и носит добровольный характер, а вложения в них являются стратегическими долговременными инвестициями. Для стимулирования работодателей к внедрению корпоративных программ, сочетающих приоритеты как бизнеса, так и государства, возникла необходимость разработки проекта Национального стандарта «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Организация медицинской помощи, профилактики заболеваний и укрепления здоровья» (далее — Национальный стандарт). Внедрение Национального стандарта позволит раз-

работать политику в области охраны здоровья, включающей основные разделы работы, систему показателей, критерии отчетности и индикаторы эффективности и перейти от фрагментарной работы по отдельным направлениям здорового образа жизни к системному управлению здоровьем работников на предприятии.

Таким образом, несмотря на возникшие трудности в связи с пандемией коронавирусной инфекции и экономическими санкциями, в то же время осознавая ценность человеческого капитала в лице трудоспособных граждан, крупные предприятия продолжают разрабатывать и внедрять корпоративные программы укрепления здоровья.

Обновленная и оснащенная современным оборудованием в период пандемии материально-техническая база системы здравоохранения, в том числе на предприятиях, позволяет перевести оказание медицинской помощи на новый качественный уровень и перейти к возрождению цеховой медицины. Однако это требует системной подготовки соответствующих кадров и большой организационной работы.

Кроме того, серьезная задача в настоящее время стоит по формированию здоровьесберегающего поведения работников, стимулирования и мотивирования их к здоровому активному образу жизни.

Поступила 05.09.2022

## МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

*Соловьева И. В., к. т. н., physical.factors@rspch.by,*

*Кравцов А. В., physical.factors@rspch.by,*

*Арбузов И. В., lkp\_ff@mail.ru,*

*Баслык А. Ю., physical.factors@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Высокая степень внедрения инновационных технологий в производстве, медицине и иных сферах деятельности человека сопровождается постоянным ростом и широким применением магнитно-резонансных томографов, физиотерапевтических аппаратов, промышленных установок и другого оборудования, в основе технологии которого применяются постоянные магниты, электромагниты, сильноточные системы постоянного тока [1, 2]. Уровни постоянного магнитного поля на рабочих местах при работе с таким оборудованием могут значительно превышать предельно допустимые (далее — ПДУ), установленные специфическими санитарно-эпидемиологическими требованиями к содержанию и эксплуатации объектов, являющихся источниками неионизирующего излучения, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 04.06.2019 № 360 (далее — ССЭТ № 360), и санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к электромагнитным полям в производственных условиях», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2010 № 69 (далее — СанНПиГН № 69). Например, на рабочих местах медицинских работников и обслуживающего персонала кабинетов магнитно-резонансной томографии наблюдаются уровни постоянного магнитного поля, превышающие ПДУ в 10 раз и более. Наличие профессионального риска для данной категории работающих обусловлено производственной необходимостью нахождения в зонах с уровнями, превышающими ПДУ [3, 4].

Определение параметров факторов производственной среды, оказывающих потенциально неблагоприятное воздействие на функциональное состояние организма работника, формирует основу для регулирования количественных и качественных значений показателей данных факторов и является одним из приоритетных мероприятий по профилактике и улучшению здоровья работающих [1, 5]. Развитие адекватных методологических подходов и методических алгоритмов, позволяющих обеспечить единство измерений при достоверной гигиенической оценке факторов рабочей среды, является важным этапом достижения положительных результатов в профилактике заболеваемости работников.

Специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» в рамках выполнения задания Министерства здравоохранения Республики Беларусь разработана и метрологически аттестована методика измерений АМИ.МН 0044–2022 «Магнитная ин-

дукция постоянного магнитного поля на рабочих местах» (методика измерений), которая устанавливает способ инструментальных измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля на рабочих местах в диапазоне от 0,3 мТл до 1999 мТл и предназначена для применения организациями здравоохранения, в том числе учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, государственными медицинскими, научными организациями, учреждениями здравоохранения и учреждениями образования, имеющими кафедры по подготовке, переподготовке и повышению квалификации специалистов в области гигиены и профилактической медицины, и иными организациями, выполняющими измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля.

Методика измерений разработана в соответствии с правилами разработки и применения методик (методов) измерений и методическими рекомендациями по оформлению методик (методов) измерений, утвержденными постановлениями Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 23.04.2021 № 44 и от 01.06.2021 № 61, а также на основании положения о допуске единиц величин к применению в Республике Беларусь, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24.11.2020 № 673. При разработке методики измерений учтены требования технических нормативных правовых актов, применяемых в деятельности государственного санитарного надзора при определении и гигиенической оценке постоянного магнитного поля на рабочих местах ССЭТ № 360 и СанНПиГН № 69, которые основаны на прямых измерениях магнитной индукции (В) постоянного магнитного поля.

Рабочие характеристики методики измерений, включая показатели прецизионности и расширенную неопределенность при принятой вероятности  $p = 95\%$  и коэффициенте охвата  $k = 2$ , определялись при использовании двух приборов: миллитесламетра портативного универсального ТП2–2У (миллитесламетр) и измерителя магнитной индукции ПЗ–81 в исполнении ПЗ–81–02 (ПЗ–81–02).

Рабочий диапазон методики измерений шире значений ПДУ воздействия постоянного магнитного поля на работников в процессе их трудовой деятельности (0,5–500 мТл), что позволяет в полной мере выполнять гигиеническую оценку магнитной индукции постоянного магнитного поля на рабочих местах, а также в помещениях производственных и общественных зданий. При этом миллитесламетр может применяться при необходимости проведения измерений в диапазоне 0,3 до 1999 мТл, а ПЗ–81–02 — в диапазоне от 0,3 до 50 мТл.

Данные о показателях точности измерений получены на основе массива данных экспериментальных измерений уровней магнитной индукции от различных источников постоянного магнитного поля на трех уровнях ( $q = 3$ ) при использовании миллитесламетра и на двух уровнях ( $q = 2$ ) при использовании ПЗ–81–02. Результаты измерений проанализированы в соответствии с СТБ ИСО 5725–2–2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений», СТБ ИСО 5725–3–2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 3. Промежуточные показатели прецизионности стандартного метода измерений», СТБ ИСО 5725–6–2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 6. Использование значений точности на практике», СТБ ISO 21748–2019 «Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценивании неопределенности измерений», ГОСТ 34100.3–2017/ISO/IEC Guide 98–3:2008 «Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения». Экспериментальные данные установлены в условиях повторяемости и промежуточной прецизионности с изменяющимися факторами: персонал, выполняющий измерения, и время. Выбросов в совокупности экспериментальных данных не обнаружено.

В результате получены следующие рабочие характеристики методики измерений:

- стандартное отклонение повторяемости составляет 5 % при использовании миллитесламетра и 4 % при использовании ПЗ–81–02;
- критический размах — 17 % при использовании миллитесламетра и 14 % при использовании ПЗ–81–02;
- стандартное отклонение промежуточной прецизионности составляет 8 % при использовании миллитесламетра и 7 % при использовании ПЗ–81–02;
- критическая разность составляет 26 % при использовании миллитесламетра и 20 % при использовании ПЗ–81–02;
- расширенная неопределенность  $U$  при  $p = 95\%$  и  $k = 2$  составляет 17 % при использовании миллитесламетра и 26 % при использовании ПЗ–81–02.

Методика включает следующие разделы:

- вводная часть;
- нормативные ссылки;

- рабочие характеристики, включая показатели точности измерений, методики;
- средства измерений, вспомогательные устройства;
- метод измерений;
- требования безопасности, охраны окружающей среды;
- требования к квалификации персонала, выполняющего измерения;
- требования к условиям измерений;
- подготовка к выполнению измерений;
- порядок выполнения измерений;
- порядок обработки результатов измерений и форма представления результатов измерений;
- контроль точности результатов измерений;
- методика оценивания расширенной неопределенности измерений;
- библиография.

Основные положения методики измерений заключаются в следующем.

Контроль уровней магнитной индукции постоянного магнитного поля должен производиться на постоянных рабочих местах работников или в случае отсутствия постоянного рабочего места в нескольких точках рабочей зоны, расположенных на разных расстояниях от источника постоянного магнитного поля при всех режимах работы источника или только при максимальном режиме.

Инструментальные измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля при общем воздействии проводятся в точке (точках) на высотах 0,5, 1,0 и 1,7 м при рабочей позе стоя и 0,5, 1,0 и 1,4 м при рабочей позе сидя. В случае локального воздействия постоянного магнитного поля измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля в точке (точках) измерений проводятся на уровне конечных фаланг пальцев кистей, середины предплечья и середины плеча. В случае непосредственного контакта рук человека с поверхностью магнита или корпуса источника постоянного магнитного поля измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля проводятся при непосредственном контакте датчика (зонда) средства измерений с поверхностью магнита. Если руководством по эксплуатации на применяемое средство измерений не допускается непосредственный контакт датчика (зонда) с поверхностью магнита или корпуса источника постоянного магнитного поля, измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля проводятся у поверхности магнита.

Измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля в точке (точках) измерений проводятся 3 раза путем поиска максимального значения. Время проведения одного измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля миллитесламетром, ПЗ-81-02 или другими средствами измерений принимается равным 1 мин.

Таким образом, на основании проведенного внутрилабораторного эксперимента разработана методика измерений, обеспечивающая достоверность полученных результатов инструментальных измерений индукции постоянного магнитного поля на рабочих местах с вероятностью  $p = 95\%$ , позволяющая с высокой точностью проводить гигиеническую оценку постоянного магнитного поля. Показателем точности инструментальных измерений в разработанной методике измерений является неопределенность измерений, которая составляет 17 % при использовании миллитесламетра и 26 % при использовании ПЗ-81-02.

## Литература

1. Особенности функционального состояния нервной системы у работников кабинетов магнитно-резонансной томографии / И. В. Соловьева [и др.] // БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензир. ежегод. сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Бел. гос. мед. ун-т; редкол.: С. П. Рубникович, В. А. Филонюк. — Минск: ИВЦ Минфина, 2021. — Вып. 11. — С. 333–337.
2. Дубель, Е. В. Оценка восприятия медицинскими работниками факторов риска здоровью / Е. В. Дубель, Т. Н. Унгурияну // Экология человека. — 2015. — № 2. — С. 33–41.
3. Казей, Э. К. Комплексная гигиеническая оценка условий труда медицинских работников, занятых в кабинетах магнитно-резонансной томографии / Э. К. Казей // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Респ. науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. Г. Е. Косяченко. — Минск, 2013. — Вып. 23. — С. 29–33.
4. Кравцов, А. В. Гигиеническая оценка постоянного магнитного поля, формирующегося в диагностических помещениях кабинетов магнитно-резонансной томографии / А. В. Кравцов, А. Ю. Баслык // Проблемы и перспективы развития современной медицины: сб. науч. ст. XII Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием студентов и молодых ученых (г. Гомель, 8 октября 2020 года): в 8 т. / редкол.: А. Н. Лызык [и др.]. — Гомель: ГомГМУ, 2020. — Т. 3. — С. 28–29.

5. Казей, Э.К. Влияние постоянного магнитного поля на функциональное состояние нервной системы / Э.К. Казей // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: РНМБ, 2015. — Т. 2, вып. 25. — С. 15–19.

Поступила 06.09.2022

## **РИСКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Солтан М.М., к.м.н., доцент, mvadp@tut.by,  
Хейфец Н.Е., nikolai.kheifets@gmail.com,  
Хейфец Е.Н., магистр юридических наук, yekheifets@belcmt.by,  
Макаревич К.С., makarevich.katsiaryna@belcmt.by*

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения», г. Минск, Республика Беларусь

Осуществление деятельности организации здравоохранения невозможно без наличия определенного риска как для медицинского персонала, так и для пациентов. В современных условиях существуют многочисленные профессиональные, организационные, управленческие, психоэмоциональные, экономические и другие риски, которые могут привести к нежелательным последствиям процесса оказания медицинских услуг. В сфере оказания медицинских услуг риски принимают совершенно иное значение, нежели в какой-либо другой области человеческой деятельности. Применительно к сфере оказания медицинских услуг риск трактуется в качестве вероятности наступления нежелательного события либо эффекта, опасного для здоровья пациента либо безопасности медицинского работника [1].

Медицинская деятельность сложна по структуре, количеству субъектов, специфике отношений. Риски возникновения ошибок в диагностике и лечении всегда присутствуют, поскольку профессиональные и морально-этические особенности деятельности медицинского работника различны, а также имеют место ситуации, в которых медицинская помощь оказывается в крайне сложных условиях с возможностью применения ограниченных средств и ресурсов. В подобных ситуациях добросовестное отношение медицинского работника к своим должностным обязанностям и его высокий уровень квалификации не являются факторами, полностью исключающими профессиональные риски при оказании медицинской помощи [1].

Кроме того, условия труда медицинских работников наиболее распространенных специальностей характеризуются, как правило, наличием комплекса неблагоприятных производственных факторов. Научными исследованиями показано, что основными неблагоприятными факторами трудового процесса являются напряженные условия труда — интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, монотонность и режим работы: восприятие сигналов и их оценка, степень сложности выполняемого задания, степень ответственности, степень риска для собственной жизни и безопасность других лиц, сменность работы, отсутствие регламентированных перерывов [2].

Неопределенная совокупность исходных причин порождает риски, ведущие к неблагоприятным событиям (последствиям). Учитывая вероятность возникновения исходных причин и определенного количества времени и промежуточных шагов, которые требуются для возникновения неблагоприятного события (последствия), можно рассчитать вероятность возникновения условий для реализации рисков, а значит, разработать систему мер, целью которых является уменьшение количества неблагоприятных событий. В этом процессе особое место занимает относительно новое направление в управлении современным здравоохранением — риск-менеджмент, или управление рисками, под которым понимается непрерывный процесс, применяемый в стратегическом и оперативном управлении для обеспечения достаточной уверенности в достижении стратегических и оперативных целей, осуществляемый руководством организации с целью выявления потенциальных событий, которые могут повлиять на ее деятельность, и удержания степени их воздействия в приемлемых для организации рамках. Риск-менеджмент затрагивает различные функции управления риском, в частности, такие как обнаружение, обзор, описание риска и целей, на которые может данный риск по-

влиять, а также определение превентивных и корректирующих мероприятий, позволяющих снизить вероятность риска путем принятия адекватных управленческих решений [3].

Результативность работы организации здравоохранения по обеспечению доступности и качества медицинской помощи в значительной мере связана с ее управляемостью. Успех управленческой деятельности в здравоохранении, в свою очередь, во многом определяется уровнем развития основных направлений менеджмента, включающих планирование, управление, контроль и корректировку. Грамотное использование этого арсенала и научно обоснованный подход позволяют каждой организации здравоохранения достичь стратегических целей и параллельно решить текущие проблемы. В управлении рисками в системе здравоохранения выделяются два основных подхода: организационный и человекоориентированный. Человекоориентированный подход сосредоточен на индивидуальных ошибках, связанных исключительно с человеческим фактором (забывчивость, некомпетентность, невнимательность). Организационный подход фокусируется на внутренней и внешней среде организации. Его основной задачей является формирование единой системы взаимоотношений и процедур, которые обеспечивают предотвращение неблагоприятных событий, снижение их уровня или устранение этих событий в принципе путем принятия соответствующих мер [4].

А. В. Завражским [5] предложена концепция, согласно которой все имеющиеся риски организаций здравоохранения условно разделены на пять основных групп, отражающих основные источники возникновения неопределенности: общехозяйственные риски, включающие различные аспекты функционирования организации (хозяйственная деятельность); профессиональные риски, рассматривающие непосредственно вопросы оказания медицинских услуг (профессиональная деятельность); рыночные риски, связанные с влиянием финансового рынка, а также деятельности конкурентов и контрагентов; социальные риски, отражающие воздействие социума на медицинскую деятельность; правовые риски, основанные на законодательном регулировании отрасли и судебных спорах. При этом стоит отметить, что общехозяйственные и профессиональные риски можно рассматривать как внутренние риски, так как они основаны на процессах, проистекающих в самой организации. Рыночные, социальные и правовые риски в своей основе содержат явления, совершающиеся во внешней среде, и по этой причине являются внешними. И здесь важно понимать, что внутренние риски организация может снизить весьма существенно (в некоторых случаях практически до нуля), в то время как вероятность внешних рисков никогда не будет нулевой.

Учитывая вышеизложенное, использование рискологического подхода в управлении профессиональными рисками при осуществлении медицинской деятельности является актуальным для Республики Беларусь.

В ходе нашего исследования были применены формально-логический, сравнительно-правовой, формально-юридический, исторический и системный методы при изучении реализованных за рубежом моделей управления профессиональными рисками в здравоохранении, что позволило разработать собственную анкету для опроса руководителей организаций здравоохранения Республики Беларусь и провести комплексную оценку внутренней и внешней среды организации здравоохранения.

Для выявления профиля рисков и их оценки широко используется проведение анкетного опроса. Подход, близкий к предложенному А. В. Завражским [5], использован нами при разработке анкеты, вопросы которой были сгруппированы в определенные смысловые блоки в соответствии с логикой исследования: общие вопросы, внешние риски (социально-правовые и экономические риски, риски, связанные с управлением); внутренние риски (риски, связанные с угрозой здоровью медицинских работников, профессиональные (медицинские) риски, связанные с гражданско-правовой ответственностью), прочие риски.

Были выделены следующие риски:

— профессиональные (медицинские) риски, связанные с применяемыми медицинскими изделиями, лекарственными препаратами, расходными материалами; с санитарно-эпидемиологической обстановкой в организации здравоохранения; с профессиональной подготовкой определенной части медицинского персонала; с квалификацией медицинских работников; с гражданско-правовой ответственностью: риски несвоевременных лечебно-диагностических вмешательств (диагностические: связанные с инвазивными диагностическими процедурами; связанные с некачественной работой персонала по реализации неинвазивных диагностических технологий; лечебные: хирургические, связанные с оперативным вмешательством; анестезиологические; фармакотерапевтические; связанные с переливанием крови); с отсутствием или недостаточной работой по профилактике (инфекции; превышения в окружающей среде предельно допустимых концентраций ядовитых и сильнодействующих веществ; другие индивидуальные для здоровья человека риски: курение,

алкоголизация, гиподинамия, наркомания, ожирение, стресс и т.п.); с отсутствием в организации здравоохранения современных систем реабилитации и доступной паллиативной помощи;

— риски, связанные с угрозой здоровью медицинских работников от пациентов с особо опасными инфекциями; пациентов с вирусным гепатитом, СПИД, сифилисом и т.п.; пациентов с туберкулезом; психических больных; наркоманов; преступников; связанные с недостатками в деятельности по охране труда и технике безопасности;

— прочие риски: коррупционные; техногенные (технично-эксплуатационные); пожароопасные; взрывоопасные (хранение и эксплуатация кислорода); террористические.

В ходе опроса респонденты оценивали применительно к организации здравоохранения, в которой они работают, вероятность возникновения (блок 1 вопросов анкеты) и степень воздействия (последствия) (блок 2 вопросов анкеты) в общей сложности (с учетом включенных в отдельные вопросы уточняющих категорий) 35 видов профессиональных рисков, т.е. оценивали проблему профессиональных рисков по 70 позициям.

Опросник создан с помощью инструмента Google Формы. Респонденты (руководители организаций здравоохранения, их заместители и руководители структурных подразделений) заполняли его в режиме онлайн на любом устройстве, имеющем выход в интернет (компьютер, смартфон, планшет и т.д.). Полученные в ходе анкетирования сведения автоматически сохранялись в облачном хранилище (Google Диск).

На вопросы анкеты ответили 120 респондентов, которые в зависимости от места работы распределились следующим образом: органы управления здравоохранением (1,67%), амбулаторно-поликлинические организации (46,67%), больничные организации (33,33%), организации скорой медицинской помощи (2,5%), научно-практические центры (12,5%), организации медицинской реабилитации (2,5%), организации паллиативной помощи (0,83%). Три четверти опрошенных имеют стаж работы по специальности более 10 лет, около 16% — 5–10 лет, около 7% — 1–5 лет, 3,33% респондентов отметили, что имеют стаж работы по специальности до 1 года. Среди опрошенных только треть имеют стаж работы на руководящей должности более 10 лет, 15% — стаж 5–10 лет, 23,33% — стаж 1–5 лет, 26,67% — до 1 года.

При анализе полученных данных ответы респондентов, работающих в органах управления здравоохранением, обрабатывались отдельно, остальные респонденты были разделены на 2 группы: работающих в амбулаторно-поликлинических организациях и работающих в больничных организациях.

К группе работающих в амбулаторно-поликлинических организациях (49,17%) были отнесены респонденты, работающие в амбулаторно-поликлинических организациях, а также респонденты, работающие в организациях скорой медицинской помощи.

К группе работающих в больничных организациях (49,17%) были отнесены респонденты, работающие в больничных организациях, и респонденты, работающие в клинических подразделениях научно-практических центров, организациях медицинской реабилитации и организациях паллиативной помощи.

Результаты анкетирования легли в основу построения карты рисков. Карта рисков — инструмент, который позволяет классифицировать риски по степени критичности для организации. Кроме того, она поможет понять, какие риски можно принять, не предпринимая мер по их минимизации.

Исходные данные для составления карты рисков — реестр, включающий все риски (в данном случае это 35 позиций анкеты, по которым получены ответы респондентов), и форма карты для ее наполнения выявленными рисками.

Оценку каждого риска в карте проводили по двум параметрам (шкалам) — вероятность возникновения (реализации) и степень воздействия (последствия, потенциальный ущерб). В качестве градаций у нас выбраны «незначительная», «низкая», «средняя» и «высокая» вероятность возникновения / степень воздействия (последствия). Уровню «незначительная» присвоено значение 1 балл, «низкая» — 2, «средняя» — 3 и «высокая» — 4 балла. Относительное значение уровня риска — показатель критичности риска — это произведение двух величин: вероятности возникновения (реализации) риска и последствий (ущерба) от этого. Таким образом, минимальное относительное значение уровня риска будет равняться 1 — вероятность незначительная (1) и степень воздействия также незначительная (1). Максимальное относительное значение риска — 16, когда и степень воздействия, и вероятность возникновения (реализации) высоки. Все риски организации здравоохранения ранжируются в диапазоне от 1 до 16, при этом:

в диапазоне от 1 до  $\leq 4$  — критичность риска незначительная;

от  $> 4$  до  $\leq 8$  — низкая;

от  $> 8$  до  $\leq 12$  — средняя;

от  $> 12$  до  $\leq 16$  — высокая.

Известно, что низкий уровень риска предполагает вероятность кратковременного расстройства здоровья. Существенным считается уровень риска, при котором может быть нанесен средний и легкий вред здоровью. Если здоровью может быть нанесен в том числе тяжкий вред, такой уровень риска называют высоким. Наивысший уровень — смертельный.

Перекодировав, таким образом, первичные данные по ответам респондентов, мы рассчитали среднее значение показателя вероятности возникновения риска, среднее значение показателя степени воздействия (последствий) риска, вычислили коэффициенты критичности риска по каждой из 35 позиций опросника для амбулаторно-поликлинической организации и больничной организации. В соответствии с коэффициентами критичности риска построены карты критичности рисков для амбулаторно-поликлинической и больничной организаций.

В результате следует отметить, что и для амбулаторно-поликлинической организаций, и для больничных организаций ни для одного из перечисленных в опроснике видов риска не установлена высокая критичность риска, без устранения причины которой невозможно продолжение работы организации здравоохранения.

Средняя критичность риска, по мнению респондентов, работающих в амбулаторно-поликлинической организации, характерна для:

- рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике стресса;
- рисков, связанных со сложностью и напряженностью труда медицинских работников, нарушением режима работы;
- рисков, связанных с угрозой здоровью медицинских работников от пациентов вследствие контакта с биологическими жидкостями пациентов;
- рисков, связанных с угрозой здоровью медицинских работников от пациентов вследствие взаимодействия с пациентами с инфекционными, психическими заболеваниями;
- рисков, связанных с угрозой здоровью медицинских работников от пациентов вследствие взаимодействия с лицами, имеющими зависимость от наркотических веществ;
- рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике ожирения;
- рисков, связанных с отсутствием современных технологий медико-психолого-социальной реабилитации.

По мнению респондентов, работающих в больничной организации, средняя критичность риска характерна для:

- рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике стресса;
- рисков, связанных со сложностью и напряженностью труда медицинских работников, нарушением режима работы;
- рисков, связанных с недостаточной работой по профилактике ожирения;
- рисков, связанных с отсутствием современных технологий медико-психолого-социальной реабилитации.

Все остальные виды рисков, упомянутые в опроснике, по мнению респондентов, работающих и в амбулаторно-поликлинических организациях, и в больничных организациях, попадают в категорию профессиональных рисков с низкой критичностью.

Респонденты, работающие в больничных организациях, выделили риски, связанные с актами терроризма, в качестве относящихся к категории профессиональных рисков с незначительной критичностью.

Таким образом, применение технологий риск-менеджмента в медицинской деятельности позволяет выявить основные условия, причины и источники формирования профессиональных рисков при осуществлении медицинской деятельности. Полученная информация становится основой для разработки требований к политике, организации и внедрению процедур в области управления профессиональными рисками при осуществлении медицинской деятельности.

## Литература

1. Кучеренко, В.З. Организационно-управленческие проблемы рисков в здравоохранении и безопасности медицинской практики / В.З. Кучеренко, Н.В. Эккерт // Вестн. Рос. Акад. мед. наук. — 2012. — № 3. — С. 18–20.
2. Сложность, ответственность и напряженность труда врачей (по данным анкетирования организаторов здравоохранения) / О.А. Кульпанович [и др.] // Вопр. организации и информатизации здравоохранения. — 2014. — № 3. — С. 38–43.
3. Макарова, Н.Н. Риск-менеджмент (методология управления рисками в организации): учеб. пособие / Н.Н. Макарова. — Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2009. — 88 с.

4. Применение технологий риск-менеджмента в системе оказания медицинской помощи / И. С. Кицул [и др.] // Менеджер здравоохранения. — 2012. — № 10. — С. 6–14.

5. *Завражский, А. В.* Особенности классификации рисков медицинских организаций / А. В. Завражский // Теоретическая и прикладная экономика. — 2017. — № 3. — С. 90–105.

Поступила 06.09.2022

## УРОВЕНЬ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У РАБОТАЮЩИХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ВРЕДНОГО ФАКТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

*Страхова Л. А., strahova.laris2019@yandex.ru,*

*Блинова Т. В., д. м. н., btvdn@yandex.ru,*

*Иванова Ю. В., к. м. н., iuL.999@yandex.ru,*

*Колесов С. А., к. б. н., recept@nniigp.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

К настоящему времени не вызывает сомнения тот факт, что состояние системы свободно-радикального окисления и антиоксидантной защиты является важным патогенетическим звеном в развитии многих соматических и инфекционных заболеваний. Оксидативный стресс (далее — ОС) является неспецифической реакцией организма в ответ на воздействие неблагоприятных факторов окружающей и производственной среды (загрязненная атмосфера, табачный дым, радиация, химические соединения производственной среды, промышленные аэрозоли, шумовое воздействие, соединения, попадающие в организм с пищей, и т. д.). Со всеми вышеперечисленными факторами человек встречается постоянно как в условиях своей профессиональной деятельности, так и вне производственной сферы, а следовательно, образование свободных радикалов в организме происходит непрерывно, а их избыточное количество несет угрозу здоровью индивидуума. Отрицательное воздействие на органы и ткани человека свободных радикалов возрастает в случае снижения работы механизмов антиоксидантной защиты (далее — АЗ). Следует обратить внимание, что признание большинством исследователей и клиницистов негативной роли избыточного количества свободных радикалов не привело к активной разработке стратегии преодоления столь опасного для здоровья человека процесса. По-видимому, это связано с недостаточно выясненными вопросами, касающимися дозы-ответа организма на количество свободных радикалов. Например, до сих пор неясно, какое количество пероксида водорода, накопленного в клетке, вызывает негативные изменения, а какое его количество необходимо для нормального функционирования организма [1].

Более углубленного исследования требует выяснение роли ОС в развитии профессиональных заболеваний, вызванных воздействием вредных факторов производственной среды. Многие невыясненные в этом направлении вопросы связаны с недостаточно подробным изучением роли отдельного вредного производственного фактора в развитии ОС и снижении АЗ. Установлено, что промышленные аэрозоли, активируя бактерицидную кислородную систему макрофагов, повышают выработку активных форм кислорода и способствуют развитию ОС. Вместе с тем многие из химических соединений, входящие в состав промышленных аэрозолей обладают прооксидантными свойствами, генерируя в большом количестве свободные радикалы. Железо, медь, хром, ванадий и кобальт, являясь окислительно-восстановительными металлами, подвергаются окислительно-восстановительным циклам и генерируют супероксидные, гидроксильные радикалы, оксид азота в биологических системах [2]. Другая группа металлов — ртуть, кадмий, никель, мышьяк проявляют свою токсичность через истощение запасов глутатиона и связывание с сульфгидрильными группами белков. Объединяющим фактором в определении токсичности и канцерогенности для всех этих металлов является образование активных форм кислорода (далее — АФК) и азота. Значительное увеличение цитотоксичности, образование АФК, коллапс митохондриального мембранного потенциала, перекисное окисление липидов и ОС вызывает бензол и его соединения.

Высказано предположение, что аналогичным действием обладают полициклические ароматические углеводороды (далее — ПАУ) и их метаболиты. ПАУ являются повсеместными загрязнителями окружающей среды. Биологический механизм токсичности ПАУ не ясен, но было показано, что эти

химические вещества вызывают окислительное повреждение, которое может изменить баланс между производством АФК и АЗ. Бензол и ПАУ, способствуя избыточному образованию свободных радикалов, могут вызывать потенциальную гематотоксичность, что проявляется в снижении количества основных клеток крови [3].

Таким образом, выяснение биохимических механизмов образования свободных радикалов и установление зависимости свободно-радикального окисления от вида вредного фактора производственной среды даст возможность дифференцированно подойти к разработке методов и средств управления ОС.

Цель работы — установить зависимость уровня оксидативного стресса у работающих металлургического производства и машиностроения от вида вредного фактора производственной среды.

В работе приведены результаты исследований интегральных показателей ОС у работающих металлургического предприятия и автомобильного завода в Нижегородской области. Всего обследован 321 человек в возрасте от 24 до 57 лет, стаж работы во вредных условиях труда колебался от 5 до 15 лет. Данное исследование было одобрено местным локальным этическим комитетом ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» и не нарушало права и не подвергало опасности обследованных лиц в соответствии с требованиями биомедицинской этики, предъявляемыми Хельсинской Декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000). Оценка труда всех работающих проводилась в соответствии с ФЗ № 426 от 28.12.2013 «О специальной оценке условий труда». В зависимости от вида воздействующего производственного фактора обследуемые были разделены на 3 группы:

группа 1 — 62 человека, которые подвергались воздействию производственного шума (кузнцы, слесари-ремонтники, настройщики трубоэлектросварочного стана, сортировщики-сдатчики металла). Уровень производственного шума на рабочих местах был выше предельно допустимого (более 80 дБА), достигая на некоторых участках производства 90–95 дБА (класс условий труда 3.2 («вредный» второй степени));

группа 2 — 114 человек, которые подвергались воздействию сварочных и кремнийсодержащих аэрозолей преимущественного фиброгенного действия (электрогазосварщики, стропальщики, резчики металла, фрезеровщики, вальцовщики). Среднесменные значения пыли с содержанием диоксида кремния на разных участках колебались от 0,65 до 7,2 мг/м<sup>3</sup> (при ПДК 6,0 мг/м<sup>3</sup>), диоксида кремния (при содержании пыли от 10 до 70 %) — от 0,44 до 2,4 мг/м<sup>3</sup> (ПДК 2,0 мг/м<sup>3</sup>), железа — от 1,65 до 2,6 мг/м<sup>3</sup> (ПДК 10,0 мг/м<sup>3</sup>), электрокорунда — от 1,8 до 6,6 мг/м<sup>3</sup> (ПДК 6,0 мг/м<sup>3</sup>), марганца (при его содержании до 20 %) — от 0,25 до 0,72 мг/м<sup>3</sup> (ПДК 0,6 мг/м<sup>3</sup>). Максимальные уровни марганца, диоксида кремния, электрокорунда и диоксида железа в воздухе рабочих мест превышали ПДК до 1,1–1,2 раза (класс условий труда 3.1) у резчиков металла, фрезеровщиков, электрогазосварщиков. При выполнении сварочных работ содержание озона в зоне дыхания сварщика превышало ПДК в 1,1 раза;

группа 3 — 145 человек, которые подвергались воздействию химического фактора, представленного комплексом токсичных веществ, таких как уайт-спирит, фенол, ксилол, толуол, аммиак, формальдегид, хромовый ангидрид (маляры, корректировщики ванн). Анализ содержания токсичных веществ в воздухе рабочей зоны показал, что средняя концентрация ксилола составляла  $68 \pm 2$  мг/м<sup>3</sup> (ПДК 50,0 мг/м<sup>3</sup>), толуола  $62 \pm 1$  мг/м<sup>3</sup> (ПДК 50,0 мг/м<sup>3</sup>). Средние концентрации изопропилового спирта, уайт-спирита, триэтилацетата, эпихлоргидрина не превышали ПДК.

Общая оценка трудового процесса характеризовалась классом условий труда 3.1–3.2 («вредный» первой и второй степени).

Показатели ОС определяли с помощью набора реагентов PerOx (TOS/TOC) Kit фирмы Immundiagnostik (Германия). Уровень ОС оценивался количественно по наличию пероксидов в сыворотке крови и выражался в мкмоль/л перекиси, присутствующей в образце. Расчеты производились по формуле с применением стандартов. Для оценки степени выраженности ОС в сыворотке крови использовались данные, рекомендованные производителями наборов: менее 180 мкмоль/л — низкий ОС, 180–310 мкмоль/л — средний ОС, более 310 мкмоль/л — высокий ОС.

Статистическая обработка результатов проводилась общепринятыми методами вариационной статистики с использованием программы Statistica 6.1 (Statsoft Inc., USA). Используя критерий Шапиро — Уилка, был проведен анализ нормальности распределения признаков и анализ равенства дисперсий. Для признаков, распределение которых отклонялось от нормального, данные представлены как  $Med \pm IQR$  (25%–75%), а достоверность различий оценивалась по критерию U (Манна — Уитни). Для сравнения долей в двух и более независимых группах использовали критерий  $\chi^2$ . Критический уровень значимости результатов исследования принимался при  $p < 0,05$ . Значения  $p$  от 0,05 и до 0,1 включительно расценивались как тенденция.

Полученные результаты показали, что во всех группах работающих лиц вне зависимости от вида вредного производственного фактора преобладал высокий уровень ОС. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Частота выявления уровней ОС у работающих в зависимости от вида вредного фактора производственной среды (абс. (%))

Показатель	Группы обследованных			P
	1-я группа (n = 62)	2-я группа (n = 114)	3-я группа (n = 145)	
Возраст (годы)	от 25 до 52	от 30 до 54	от 24 до 57	
Уровень ОС (количество пероксидов):	Частота выявления уровней ОС (абс. (%))			$p^*$ (критерий $\chi^2$ )
Низкий (менее 180 мкмоль/л)	9 (14,5)	18 (15,8)	8 (6,2)	$\chi^2 = 7,965$ $p = 0,019$
Средний (180–310 мкмоль/л)	16 (25,8)	12 (10,5)	18 (12,4)	$\chi^2 = 5,991$ $p = 0,015$
Высокий (более 310 мкмоль/л)	37 (59,7)	84 (73,7)	119 (81,4)	$\chi^2 = 9,21$ $p = 0,003$
$p^*$ (критерий $\chi^2$ ) — достоверность различий в частоте выявления разных уровней ОС между группами 1, 2 и 3.				

Выявлено, что у работающих в контакте с химическими веществами доля лиц с высоким уровнем ОС была наибольшей — у 81,4% обследуемых. Низкий уровень ОС в этой группе работающих констатировался только у 6,2%. В группе лиц, подвергавшихся воздействию сварочных и кремний-содержащих аэрозолей, также отмечалось преобладание высокого уровня ОС — у 73,7% обследуемых, однако низкий его уровень констатировался в данной группе в 2 раза чаще относительно группы 3. У работающих в условиях воздействия шума распределение уровней ОС было более благоприятным — высокий уровень ОС наблюдался у меньшего числа лиц (59,7%), а доля лиц со средним и низким уровнями ОС в 1,6 и 2 раза превышала долю лиц со средним и низким уровнем ОС во 2-й и 3-й группах соответственно.

Данные количественного содержания пероксидов при разном уровне ОС в каждой группе представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Количество пероксидов в сыворотке крови работающих в зависимости от вида вредного фактора производственной среды при разном уровне ОС (Med ± IQR (25%–75%))

Показатель	Группы обследованных			P (критерий U Манна — Уитни)
	1-я группа (n = 62)	2-я группа (n = 114)	3-я группа (n = 145)	
Количество пероксидов (Med ± IQR (25%–75%)), мкмоль/л				
Уровень ОС (количество пероксидов):	386,1 (227,6–507,6)	479,9 (300,3–777,6)	824,9 (441,8–1163,1)	$p_{1-2} = 0,007$ $p_{1-3} = 0,0001$ $p_{2-3} = 0,0001$
Низкий (менее 180 мкмоль/л)	(n = 9) 118,4 (80,7–120,4)	(n = 18) 122,0 (110,2–126,7)	(n = 9) 149,0 (101,4–150,6)	$p_{1-2} = 0,31$ $p_{1-3} = 0,089$ $p_{2-3} = 0,082$
Средний (180–310 мкмоль/л)	(n = 16) 229,2 (208,9–259,6)	(n = 12) 251,0 (218,0–285,0)	(n = 18) 265,0 (222,0–277,2)	$p_{1-2} = 0,15$ $p_{1-3} = 0,089$ $p_{2-3} = 0,5$
Высокий (более 310 мкмоль/л)	(n = 41) 507,5 (421,1–680,5)	(n = 84) 626,2 (415,0–821,9)	(n = 118) 942,3 (652,6–1291,3)	$p_{1-2} = 0,023$ $p_{1-3} = 0,0001$ $p_{2-3} = 0,0001$
$p$ (критерий U (Манна — Уитни)) — достоверность различий в количестве пероксидов при разных уровнях ОС между группами 1, 2 и 3.				

Анализ полученных результатов показал, что достоверные различия были выявлены в количественном содержании пероксидов между группами независимо от уровня ОС. При этом наибольшее количество пероксидов в сыворотке крови наблюдалось у работающих в контакте с химическими факторами — 824,9 (441,8–1163,1) против 479,9 (300,3–777,6) в группе 2 и 386,1 (227,6–507,6) в группе 1 ( $p=0,0001$  и  $p=0,0001$  соответственно). Наименьшее содержание пероксидов констатировалось в сыворотке лиц, работающих в условиях шумового воздействия. Содержание пероксидов в сыворотке крови при низком и среднем уровнях ОС во всех группах независимо от вида вредного производственного фактора достоверно не различалось ( $p > 0,05$ ). Обращает на себя внимание тенденция к увеличению медианы от группы работающих в условиях шума к группе работающих в контакте с химическими факторами. Достоверные различия в количественном содержании пероксидов между группами были выявлены только при их содержании, превышающем 310 мкмоль/л, т. е. при высоком уровне ОС. Наибольшее количество пероксидов в сыворотке крови выявлялось у работающих в контакте с вредными химическими факторами. У отдельных индивидуумов этой группы количество пероксидов в сыворотке крови достигало 2000,0 мкмоль/л.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о различной степени выраженности ОС у работающих в зависимости от вида вредного фактора производственной среды. Учитывая многочисленные наблюдения, доказывающие вредное воздействие избыточного количества свободных радикалов на состояние здоровья человека, необходимы дальнейшие углубленные исследования в направлении изучения внутриклеточных механизмов, связанных с токсическими эффектами вредных факторов производственной и окружающей среды, с обязательным акцентом на вид вредного фактора, в условиях которого осуществляется профессиональная деятельность. Так, рядом авторов было выдвинуто предположение, что в основе молекулярных механизмов, приводящих к зависящим от шума неблагоприятным воздействиям, лежит влияние ОС на сосудистую сеть [4]. Другими исследователями было установлено, что смазочно-охлаждающие жидкости при обработке металлов генерируют высокий окислительный потенциал частиц. Выделяющиеся в воздух промышленные аэрозоли в виде жидкости и газа могут вызвать проблемы со здоровьем и, в частности, бронхолегочную патологию [5]. Особое внимание следует обратить на комплекс химических факторов, с которым контактируют работающие. Выделение приоритетного вещества, оказывающего наиболее неблагоприятное воздействие на организм, является трудной задачей. Только выяснение связи между внешними экологическими токсикантами и внутренними биологическими реакциями, уделяя особое внимание аспекту ОС, даст возможность разработки эффективных методов воздействия на снижение оксидативного стресса и повышения антиоксидантной защиты организма работающих.

## Литература

1. Барсукова, М.Е. Основные методы и подходы к определению маркеров окислительного стресса — органических пероксидных соединений и пероксида водорода / М.Е. Барсукова, И.А. Веселова, Т.Н. Шеховцова // Журн. аналит. химии. — 2019. — Т. 74, № 5. — С. 335–349.
2. Redox- and non-redox-metal-induced formation of free radicals and their role in human disease / M. Valko [et al.] // Arch. Toxicol. — 2016. — Vol. 90, № 1. — P. 1–37.
3. Linalool reverses benzene-induced cytotoxicity, oxidative stress and lysosomal/mitochondrial damages in human lymphocytes / A. Salimi [et al.] // Drug Chem. Toxicol. — 2021. — P. 1–9.
4. The Adverse effects of environmental noise exposure on oxidative stress and cardiovascular risk / T. Münzel [et al.] // Antioxid Redox Signal. — 2018. — Vol. 28, № 9. — P. 873–908.
5. Oxidative potential of aerosolized metalworking fluids in occupational settings / J. Sauvain [et al.] // Int. J. Hyg. Environ. Health. — 2021. — Vol. 235. — Art. 113775.

Поступила 30.06.2022

## ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЛЕГКИХ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ КОВИД-19

Трошин В.В., к.м.н., [vecheslavl@yandex.ru](mailto:vecheslavl@yandex.ru),  
Рудой М.Д., [kolesova.mascha@yandex.ru](mailto:kolesova.mascha@yandex.ru),  
Верещагин И.В., [ilja.vereshagin@yandex.ru](mailto:ilja.vereshagin@yandex.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

Известно, что острая респираторно-вирусная инфекция вносит большой вклад в индукцию обострений хронической обструктивной болезни легких (далее — ХОБЛ) и бронхиальной астмы (далее — БА) [1]. На сегодняшний день перспективным направлением является определение долгосрочных негативных эффектов влияния вируса КОВИД-19 на дыхательную систему. Приоритетной мишенью для данного вируса являются альвеолярные клетки II типа, что может приводить к генерализованному повреждению нижних отделов респираторного тракта [2]. В таких случаях может развиваться вирусная пневмония различной степени выраженности. При тяжелом течении формируется интерстициальная пневмония с диффузным альвеолярным повреждением, нередко с выраженным альвеолярно-геморрагическим синдромом и распространенным тромбозом микроциркуляторного русла. Последствием подобной пневмонии может стать развитие легочного фиброза [2]. У пациентов, имеющих предшествующее поражение легочной ткани, риск персистенции респираторных симптомов значительно повышается [3]. Китайскими учеными показано, что у пациентов после КОВИД-19 выявляются нарушения диффузионной способности легких (далее — ДСЛ), за которыми следуют рестриктивные нарушения вентиляции, что требует длительного наблюдения за пациентами для определения прогноза [4]. Однако в изученных нами публикациях по отдаленному влиянию КОВИД-19 на функцию легких имеется существенный недостаток — отсутствуют данные о состоянии легких у пациентов до заболевания коронавирусной инфекцией.

В клинике ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» (далее — ФБУН «ННИИГП») под наблюдением в течение многих лет находятся пациенты с хроническими профессиональными заболеваниями легких (далее — ХПЗЛ). Начиная с 2020 г. часть пациентов перенесла коронавирусную инфекцию. Поскольку в архиве ФБУН «ННИИГП» хранятся данные о состоянии здоровья пациентов от момента установления профессионального диагноза, мы имеем возможность проследить влияние перенесенной коронавирусной инфекции на показатели легочной функции у наблюдаемых лиц. Вопрос влияния КОВИД-19 на функциональное состояние респираторной системы у больных ХПЗЛ имеет и существенное экспертное значение как при первичной диагностике профессионального заболевания, так и при динамическом наблюдении за пациентами.

В исследование было включено 46 больных ХПЗЛ, перенесших зарегистрированную коронавирусную инфекцию: 17 мужчин, 29 женщин. Проанализированы данные, полученные при обследовании пациента в клинике ФБУН «ННИИГП» до заболевания КОВИД-19 — 1-е обращение, и при обследовании после перенесенной коронавирусной инфекции — 2-е обращение. Учитывались данные двух последовательных обращений. Возраст пациентов на момент обследования до заболевания КОВИД-19 составил  $59,6 \pm 7,9$  (M $\pm\sigma$ ) года, на момент обследования после перенесенной вирусной инфекции —  $63,3 \pm 7,8$  года. Стаж работы в условиях, спровоцировавших ХПЗЛ, составил  $21,4 \pm 8,4$  года. Согласно данным анамнеза, коронавирусная инфекция у обследованных протекала в легкой (симптомы острой респираторной вирусной инфекции) или среднетяжелой форме (симптомы вирусной пневмонии). В среднем от начала заболевания КОВИД-19 до обращения в клинику ФБУН «ННИИГП» у пациентов прошло  $8,2 \pm 6,2$  месяца. Среди пациентов с ХПЗЛ 22 человека (47,8 %) страдали хроническим необструктивным бронхитом (далее — ХНБ), 12 (26,1 %) — БА, 3 (6,5 %) — силикозом, 3 (6,5 %) — ХНБ и БА, 2 (4,3 %) — силикозом и ХНБ, 2 (4,3 %) — ХОБЛ, 1 (2,2 %) — ХОБЛ и БА, 1 (2,2 %) — силикозом и БА. Все пациенты получали терапию основного легочного заболевания в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями как при первом, так и при втором обращении.

Функция внешнего дыхания (далее — ФВД) и сатурация крови были изучены с помощью прибора Spirolab III Оху (Италия). Оценивали форсированную жизненную емкость легких (далее — ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду (далее — ОФВ1), отношение ОФВ1/ФЖЕЛ, мгновенные объемные скорости (далее — МОС) форсированного выдоха 25, 50, 75 % ФЖЕЛ. Анали-

зировались данные спирометрии до теста с бронхолитиком. В соответствии с международными стандартами сниженными считали показатели ниже нормы. Изменения ФВД определяли как обструктивные, рестриктивные или смешанные нарушения (обструктивно-рестриктивные) [5]. Для исследования сатурации крови использовали стандартную методику пульсоксиметрии. Для каждого пациента проведено не менее 3 последовательных измерений сатурации в состоянии оперативного покоя, при анализе учитывалось среднее значение. Полученные данные были внесены в электронную базу в среде Microsoft Excel 2010 и обработаны при помощи программы Statistica 6.1. Были использованы методы параметрической и непараметрической статистики. Для сравнения двух зависимых групп использовался критерий Вилкоксона, уровень статистической значимости принимали при  $p < 0,05$ .

Согласно данным спирометрии на момент первого обращения 15 человек (32,6%) имели нормальные показатели ФВД, 18 (39,1%) — обструктивные нарушения различной степени тяжести, 13 (28,3%) — смешанные нарушения (обструктивно-рестриктивные). На момент второго обращения регистрировались следующие показатели ФВД: 15 человек (32,6%) — нормальные показатели, 16 человек (34,8%) — смешанные нарушения, 13 человек (28,3%) — обструктивные нарушения, 2 человека (4,3%) — рестриктивные нарушения. Обращает на себя внимание увеличение частоты рестриктивных и смешанных нарушений легочной вентиляции у пациентов.

Проанализирована динамика нарушений легочной вентиляции у пациентов после COVID-19. У 25 человек (54,3%) существенных изменений ФВД не произошло; у 11 (23,9%) выявлено улучшение показателей ФВД (нормализация — 4 человека, уменьшение степени обструкции — 7 человек); у 5 человек (10,9%) отмечено ухудшение показателей ФВД (развитие смешанного варианта нарушений — 2 человека, рестриктивного варианта — 2 человека, утяжеление степени обструкции — 1 человек); у 5 человек (10,9%) выявлено изменение типа нарушений ФВД (с обструктивного на смешанный — 3 человека, с обструктивного на рестриктивный — 1 человек и со смешанного на обструктивный — 1 человек). То есть выявлена тенденция уменьшения выраженности и частоты обструктивных нарушений ФВД, нарастания рестриктивных и смешанных нарушений легочной вентиляции.

Проведен сравнительный анализ ряда функциональных показателей у больных ХПЗЛ до и после инфекции COVID-19 (таблица 1).

Таблица 1 — Динамика функциональных показателей у больных ХПЗЛ (% от должной величины)

Показатель	1 обращение (46 человек)	2 обращение (46 человек)	p (критерий Вилкоксона)
Сатурация крови	97 (95,4; 97,6)	95,8 (94,5; 96,7)	< 0,001
ФЖЕЛ	67 (55; 90)	66 (53; 74)	0,051
ОФВ1	56 (41; 70)	65,5 (46; 79)	0,012
ОФВ1/ФЖЕЛ	71 (65; 79)	75 (67; 82)	0,07
МОС 25	44 (31; 70)	54,5 (33; 74)	0,21
МОС 50	37,5 (26; 62)	45,5 (24; 59)	0,28
МОС 75	38 (27; 55)	43,5 (33; 57)	0,016

Примечание. Статистически значимые различия выделены полужирным шрифтом.

При анализе количественных значений показателей ФВД в процентах от должных величин был получен статистически значимый прирост ОФВ1 на момент повторного обращения, причем, главным образом, за счет улучшения прохождения воздуха по мелким бронхам (МОС 75). Этот результат может быть связан с назначением многим пациентам гормональной терапии во время лечения коронавирусной инфекции, что могло отразиться на выраженности обструктивных нарушений. Длительность и характер гормонотерапии в данном исследовании не учитывались. Одновременно можно отметить тенденцию снижения показателя ФЖЕЛ и увеличения индекса Тифно (ОФВ1/ФЖЕЛ), указывающих на нарастание рестриктивных нарушений легочной вентиляции.

Обращает на себя внимание статистически значимое снижение сатурации крови при повторном обращении, что может свидетельствовать о нарастании у пациентов ХПЗЛ нарушения проницаемости альвеолярно-капиллярной мембраны. В этом случае требуется углубленное исследование функции легких с контролем ДСЛ и проведением бодиплетизмографии.

Приведенные данные могут подтверждать патогенез поражения бронхолегочной системы при COVID-19 с преимущественным вовлечением альвеолярных клеток и нарастанием рестриктивных нарушений легочной вентиляции у пациентов ХПЗЛ.

Необходимо учитывать, что представленные результаты носят предварительный характер и требуют анализа более обширного статистического материала, однако позволяют предположить, что перенесенный COVID-19, даже легкой и средней степени тяжести, оказывает влияние на функциональные показатели бронхолегочной системы, что необходимо принимать во внимание при решении экспертных вопросов у больных с профессиональными заболеваниями легких.

### Литература

1. The role of viral infections in exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease and asthma / R. Hewitt [et al.] // *Ther. Adv. Respir. Dis.* — 2016. — Vol 10, iss. 2. — P. 158–174.
2. Тактика ведения пациентов с хронической обструктивной болезнью легких в условиях пандемии COVID19 / С.И. Краюшкин [и др.] // *Мед. алфавит.* — 2020. — Т. 19, № 1. — С. 77–80.
3. Долгий COVID-19 / Ю.Г. Белоцерковская [и др.] // *Consilium Medicum.* — 2021. — Т. 23, № 3. — С. 261–268.
4. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge / X. Mo [et al.] // *The European Respiratory Journal.* — 2020. — Vol. 55, iss. 6. — Art. 2001217.
5. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии / А.Г. Чучалин [и др.] // *Пульмонология.* — 2014. — № 6. — С. 11–24.

Поступила 28.06.2022

## НИЖЕГОРОДСКИЙ НИИ ГИГИЕНЫ И ПРОФПАТОЛОГИИ РОСПОТРЕБНАДЗОРА — ОДИН ИЗ СТАРЕЙШИХ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НИИ РОССИИ

*Умнягина И. А., к. м. н.,  
Колесов С. А., к. б. н., kolesov\_sa@nniigp.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Нижний Новгород, Россия

В 2022 г. отмечается 100-летний юбилей государственной санитарно-эпидемиологической службы России (до 1991 г. — государственная санитарно-эпидемиологическая служба СССР).

После Великой Октябрьской Социалистической революции 1917 г. властью была сформулирована новая парадигма взаимоотношений власти и населения, а также взят курс на индустриализацию СССР. Это повлекло за собой реорганизацию системы здравоохранения, вызвало усиление эпидемиологической медицины и гигиены труда.

В планах новой власти Нижнему Новгороду отводилась роль одного из основных индустриальных центров СССР: в нем уже имелись крупные промышленные предприятия, например, Сормовский судостроительный завод, а также предполагалось строительство новых, прежде всего первенца отечественного машиностроения — автомобильного завода. Поэтому в ноябре 1925 г. при санитарном отделе Губздрава Нижнего Новгорода создается секция по изучению профессиональных заболеваний. Руководство этой работой поручается врачу Софье Израилевне Скундиной (рисунок 1), которая организовала в 1926 г. в Сормове поликлинику по изучению профессиональных болезней, а в июле 1927 г. начала свою работу Нижегородская губернская поликлиника по изучению профессиональных болезней (Нижгубпрофдиспансер).

Летом следующего года нарком здравоохранения Николай Александрович Семашко направляет в Нижний Новгород известного гигиениста профессора Вячеслава Александровича Левицкого для оценки возможности создания на базе профдиспансера института. Побывав в Нижнем Новгороде, В.А. Левицкий пришел к положительному выводу.

1 октября 1929 г. Постановлением Нижегородского крайисполкома создается Краевой институт по изучению и борьбе с профессиональными заболеваниями. Основателем и первым директором института также стала врач Софья Израилевна Скундина. Под ее руководством происходит формирование института, укрепление его научными кадрами. Для работы в институте Наркомом здравоохранения страны Николаем Александровичем Семашко из Москвы были направлены крупные специалисты, а также привлечены высококвалифицированные нижегородские врачи (профессор



**Рисунок 1 — Организатор профпатологической службы в Нижегородской губернии и первый директор института врач Софья Израилевна Скундина (в последующем — доктор медицинских наук, профессор)**

И. Н. Кавалеров, терапевт А. И. Батурин, гигиенисты труда А. С. Архипов, И. И. Елкин и другие). Таким образом, был сформирован научный коллектив, способный решать поставленные перед институтом задачи (рисунок 2).



**Рисунок 2 — Коллектив института вскоре после его открытия (1932 г.)**

Первые работы института были во многом практическими и состояли в налаживании санитарного режима, создании системы медпунктов и снижении уровня общей заболеваемости как на старых, технически несовершенных заводах, так и на новых: строился гигант и первенец автостроения — Горьковский автозавод (ГАЗ). Одновременно проводились и первые научные работы по изучению условий труда и состоянию здоровья рабочих на этих предприятиях.

Практически с момента основания (точнее, с 1934 г.) институт начал заниматься изучением вопросов гигиены труда, промышленной токсикологии и профессиональной патологии в новых химических производствах, созданных в различных областях страны. Были исследованы санитарно-гигиенические условия труда и состояние здоровья рабочих в производстве хлора, суперфосфата, желтого и красного фосфора, тетраэтилсвинца и других химических соединений.

В марте 1939 г., в соответствии с постановлением Совета Народных Комиссаров, институт переименован в Горьковский НИИ гигиены труда и профзаболеваний Госкомсанэпиднадзора России. Учреждение получает республиканский статус, и деятельность его профилируется на обслуживание химических производств (прежде всего в оборонной промышленности).

Годы Великой Отечественной войны — это целая эпоха в жизни института. Коллектив сотрудников, работая с предельным напряжением сил, выполнял научную тематику оборонного назначения, а также сложные оперативные задания. Трудность, значимость и ответственность исполняемой институтом работы обуславливалась и тем, что во время войны гигиенические институты Москвы, Украины и Ленинграда практически прекратили свою деятельность. Работа института в военные годы позволила оздоровить условия труда на оборонных предприятиях и снизить число профзаболеваний среди их рабочих. Кроме того, в военное время институт был основной базой подготовки врачей-токсикологов Военно-Морского флота и Красной армии и учебной базой для студентов Горьковского медицинского института.

В эти тяжелые годы директор института Андрей Сергеевич Архипов (рисунок 3) умело направлял научно-практическую работу, велись интересные клинические наблюдения, накапливался ценный научный материал. В годы войны (1942, 1943, 1944 гг.) институт провел три масштабные конференции с целью быстрого внедрения результатов научных работ института в практику производства и медико-санитарных частей заводов.



**Рисунок 3 — Директор института в военные годы профессор А. С. Архипов**

В послевоенное время основные направления послевоенного развития института, его задачи для научной разработки определило строительство и бурное развитие крупнотоннажных химических производств. Институт разрабатывал проблему пестицидов, осуществлял изучение гигиенических особенностей и профпатологии в производствах синтетических смол и пластмасс.

Комплексному изучению подвергнута большая группа производств (более 500), осуществляющих промышленный выпуск диизоцианатов, винилхлорида и поливинилхлорида, эфиров акриловой и метакриловой кислот и полимеров на их основе, пенополиуретанов. В результате этой большой работы было научно обосновано свыше 200 гигиенических нормативов содержания химических веществ в воздухе рабочей зоны и в объектах окружающей среды, разработано свыше 600 высокочувствительных санитарно-химических методов определения вредных веществ, испытано более 300 моделей средств индивидуальной защиты. По результатам исследований разработано 16 ГОСТ и 30 санитарных правил и норм; подготовлено более 500 нормативно-методических документов.

Вопросы изучения условий труда на химических производствах потребовали создания в 1961 г. лаборатории физиологии труда, которую возглавил Михаил Абрамович Грицевский.

Годы руководства института директором Зоей Васильевной Шароновой (1966–1983 гг.) существенно подняли научный авторитет организации. Учреждение много и успешно взаимодействовало с Научно-исследовательским институтом гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР (1945–



**Рисунок 4 – Заседание республиканской проблемной комиссии по профессиональной патологии, проводимое на базе института (выступает директор института З. В. Шаронова, возглавляет комиссию академик Н. Ф. Измеров)**

1992 г.): проводились научные работы, практиковалось проведение совместных заседаний проблемных комиссий под председательством академика Николая Федотовича Измерова (рисунок 4).

Следует особенно отметить, что институт был единственным в СССР медицинским научным учреждением, профилированным на изучении медико-биологических проблем на автомобильном транспорте. В этом направлении были достигнуты большие успехи, послужившие основой для выделения новой отрасли науки — автодорожной медицины.

Годы после распада СССР оказались для института нелегкими. Существенно уменьшилось число сотрудников, был закрыт ряд лабораторий. Но сам институт уцелел. В нем появились и новые направления работы, такие как изучение гигиенических аспектов уничтожения химического оружия, работы по поиску ранних маркеров профессиональных заболеваний, гигиенические исследования современных химических производств, изучение влияния информационной нагрузки на работающих и др.

В настоящее время разработана стратегия развития организации на пятилетний период, реорганизована его структура, а доля молодых ученых достигла 30%. Эти меры позволили существенно расширить научную тематику: научные сотрудники института выполняют 9 научных тем в рамках научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России». В этой большой работе будут изучены современные аспекты проблемы охраны здоровья населения, требующие теоретического обоснования и практического осуществления.

На протяжении всей своей истории институт занимался не только научными изысканиями, но и осуществлял учебную деятельность: проводил курсы для врачей гигиенистов и профпатологов по повышению их квалификации, готовил ординаторов, осуществлял целый комплекс образовательных услуг по последипломной подготовке специалистов для государственной санитарно-эпидемиологической службы и Роспотребнадзора. Исходя из важности такой деятельности, в 2019 г. в институте организован Центр дополнительного профессионального медицинского образования, осуществляющий подготовку по 60 дополнительным профессиональным программам (рисунок 5).



Рисунок 5 — Коллектив института в настоящее время (2019 г.)

В заключение следует отметить, что Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии Роспотребнадзора внес существенный вклад в работу государственной санитарно-эпидемиологической службы СССР и России и миссия его не исчерпана. В настоящее время перед институтом стоят сложные задачи по выполнению работ для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия российских граждан, для достижения Национальных целей Российской Федерации, обозначенных Президентом Российской Федерации В.В. Путиным. Решение этих задач потребует не только деятельного участия всех сотрудников института, но и привлечения к научной работе новых молодых ученых, а также взаимодействия с другими организациями. Эти направления являются важнейшими в сегодняшней политике нашего учреждения науки.

Поступила 29.09.2022

## ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН ВОСПРОИЗВОДСТВА ПРИБАВОЧНОЙ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ НА СЛУЖБЕ ДОСТИЖЕНИЮ АКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ

*Устьянцев С.Л., д.м.н., [ustyantsev.c@gmail.ru](mailto:ustyantsev.c@gmail.ru)*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Екатеринбург, Россия

Свойство организмов быть открытыми термодинамическими системами ( $\beta^1$ ) ставит их на путь самоорганизации. Но, проходя его, только в организме человека природа придала этому свойству новое качество, способствующее формированию ноосферы; и среди животных человек достиг более низкой, чем у них, энтропии за меньшее время. Поэтому изучение  $\beta$  как первопричины различия организмов по темпу эволюции к усложнению своей организации и взаимодействия с окружающей средой для извлечения из них дополнительных ресурсов к развитию является актуальным. Изучение  $\beta$  связано с разработкой проблемы достижения активного долголетия. Возникло множество биологических направлений в поиске средств для ее решения. Но пока наиболее эффективными являются средства здорового образа жизни, единым носителем механизмов благотворного воздействия которых является поведенческая функциональная система мотивации достижения здоровья (далее — ПФС МДЗ). Человеку она служит средством производства прибавочной свободной энергии

<sup>1</sup> Устьянцев С.Л. Способ определения развитости свойства человека или животного быть открытыми термодинамическими системами по величине энтропии в их организмах // Патент России № 2652075. 2018. Бюл. № 12.

(далее —  $\Delta G$ ) из связанной энергии (далее —  $W$ ) в организме и окружающей среде. Производя и расходуя  $\Delta G$ , он расширяет свои жизнеобеспечивающие возможности. Под  $\Delta G$  мы понимаем ту часть  $G$ , которую организм периодически производит в количестве, в данное время превышающем затраты на ее производство, и поэтому применяется им для активизации процессов самоорганизации. Но механизм производства  $\Delta G$  мало изучен. Отмечается лишь причинность недостаточной  $\beta$  к росту энтропии и возникновению заболеваний. Вероятно, по этой же причине и здоровый образ жизни, в 5 раз превышающий благотворность медицинских средств, разрабатывается неудовлетворительно.

Недостаточная изученность свойства  $\beta$  замещается техногенными вмешательствами в организм, внушающими опасение за его будущее. Они не способствуют устойчивому сохранению здоровья, поскольку формируют короткоживущие, с разложением фармагента затухающие и осложнения не исключают, гомеостаз детренирующие механизмы. Но условием достижения прочного здоровья являются в онтогенезе развиваемые и в филогенезе закрепляемые, долговременные, из резерва организма гомеостаз срочно спонсируемые, центральной нервной системой (далее — ЦНС) непрерывно контролируемые, естественные защитные функциональные системы. Следовательно, необходим поиск механизмов работы ПФС МДЗ, входящих в рабочий узел фундаментального свойства  $\beta$ , что предопределило цель данных исследований.

Цель — поиск ЦНС-контролируемых механизмов, способствующих развитию здоровья и ноосферы.

Объектом исследования был действующий норматив труда<sup>1,2</sup>. При его ретроспективном анализе были выявлены ранее неизвестные явления, для объяснения которых мы внесли некоторые уточнения в классическую физиологическую базу, не изменяя ее по существу.  $G$  в организме имеет две формы, отличающиеся назначением их расхода: организованную, произвольную, «полезную» (условно-безусловно-рефлекторную (далее —  $G_1$ )) и неорганизованную, непроизвольную, «бесполезную» (безусловно-рефлекторную (далее —  $G_2$ )). Расход  $G_1$  обеспечивает осознанно выполняемые потребности и, воплощаясь в выполненной внешней механической и умственной работе (далее — ВМР и УР), развивает производственный опыт и исполнительные органы, возможности которых характеризуют психофизиологический потенциал  $G_1$ . Вышеуказанные названия  $G$  обоснованы тем, что расходом  $G_1$  формируются вещественные, одушевленные производительные силы (далее — ПС), и тем она полезна. Расходом  $G_2$  обеспечивается сохранение гомеостаза, упругость и выносливость которого характеризуют потенциал  $G_2$ . Обе эти формы  $G$ , согласно гипотезе, способны к возвратно-поступательной трансформации исходного назначения: расход  $G_1$  может трансформироваться в расход  $G_2$ , объединяясь с ним в поток единого (приоритетного) назначения  $G_2$ , и наоборот. Причем  $G_2$  формируется как извлечением ее из  $W$  питательных, других веществ и сред организма окружающей информационной среды, так и трансформацией части расхода  $G_1$  в  $G_2$ , т. е. обеднением  $G_1$  на величину  $-\Delta G_1$  для сохранения здоровья в процессе адаптации организма к окружающей среде. По аналогии с традиционным разделением расхода  $G_1$  на потоки  $G_{1M}$  и  $G_{1H}$ , плотность которых является критерием для эргономической оценки факторов тяжести и напряженности труда, расход  $G_2$  мы впервые количественно разделили на два составляющих его разнородных потока: мышечный (далее —  $G_{2M}$ ) и нервно-эмоциональный (далее —  $G_{2H}$ ). Они отличаются назначением ими активируемых энергопотребляющих скелетно-мышечных и нервных структур и поэтому являются критериями для физиологической оценки указанных факторов труда.

Проводились физиологические исследования 51 добровольца (мужчины в возрасте от 30 до 50 лет) при произвольно усиливаемом, спонтанном, произвольно сдерживаемом дыхании и в сочетании двух последних с мышечными нагрузками в лабораторных условиях. Сопоставимость оценки влияния дыхательных (задержек дыхания) и мышечных нагрузок обеспечивалась общей шкалой измерения их величины по отношению к предварительно определяемой субмаксимальной возможности исследуемых к преодолению этих нагрузок, принятой за 100%. У добровольцев измерялись частота дыхания и сердечных сокращений (далее — ЧСС) при вдохе и выдохе, сатурация гемоглобина кислородом; артериальное давление; индекс массы миокарда левого желудочка сердца; минутный объем дыхания (далее — МОД); концентрация  $O_2$ ,  $CO_2$  в выдыхаемом и альвеолярном воздухе (далее —  $O_{2\text{альв}}$ ,  $CO_{2\text{альв}}$ ) на высоте фаз вдоха и выдоха. Рассчитывались дыхательный коэффициент (далее — ДК), калорический эквивалент  $O_2$ , общее потребление  $O_2$  и потребление его волновой фракции —  $O_2^*$  ( $VO_2$  и  $VO_2^*$ );  $O_2^*$  образуется при диссоциации того оксигемоглобина (обозначен  $HbO_2^*$ ), который содержится в волной распространяющейся «амфиболической фракции» циркулирующей

<sup>1</sup> Оценка тяжести труда и его физиологическое нормирование / Методические рекомендации. — Свердловск, 1975. — 21 с.

<sup>2</sup> Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде / Методические рекомендации. — М., 1980. — 6 с.

крови», образующейся во время выдоха и паузы после него при спонтанном дыхании, произвольном сдерживании дыхания и апноэ, имеющей из-за повышенного  $p\text{CO}_{2\text{альв}}$  при них в разной степени повышенное содержание  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  по сравнению с их содержанием в остальной массе крови. Таким образом, «амфиболическая фракция циркулирующей крови» рассматривается нами как наиболее благоприятная для уменьшения сродства гемоглобина к кислороду (далее — СГК) (< СГК), диссоциации  $\text{HbO}_2$ , концентрирования, транспорта и усвоения  $\text{O}_2$  волновая среда, в которой он, окруженный этими, сопровождающими его лучшими условиями для проявления своей метаболической активности, условно назван нами волновым —  $\text{O}_2^*$ ); количество  $\text{O}_2^*$  в циркулирующей крови; прибавочную  $G_2$  ( $\Delta G_2$ ), производимую  $\text{VO}_2^*$  [2]; полную энергию (U) и W инспирированного воздуха (по  $\text{O}_2$ ); общее количество  $G_2$  ( $\Sigma G_2$ ), производимое  $\text{VO}_2$ ;  $\eta$  организма по извлечению  $G_2$  из W инспирированного воздуха; коэффициент эффективности утилизации  $\text{O}_2$  и  $\text{O}_2^*$  из 1  $\text{дм}^3$  воздуха, поступившего в легкие; мощность работы сердца; вегетативный индекс Кердо (далее — ВИК); легочные влаготери; энтропию (далее —  $\alpha$ ) в организме и его открытость атмосферному кислороду (далее —  $\beta\text{O}_2$ ), амплитуду (далее — A) и длину волны (далее —  $\lambda$ ) колебания (f)  $\alpha$  ( $A\alpha$ ) и ( $\lambda\alpha$ ) в цикле дыхания; скорость старения (далее — V) исследуемых;  $\text{O}_{2\text{альв}}$  при вдохе и выдохе [1].

Объектом производственных исследований были металлурги (81 мужчина в возрасте  $35,5 \pm 3,1$  года, стаж  $10,8 \pm 2,8$  года). Физиологические показатели у них измерялись при выполнении ими трудовых операций двумя физиологическими способами: обычным (пассивным) и после применения умеренного выдоха с произвольным сухим апноэ длительностью от 10 до 20 с (активным). Определялись тяжесть и напряженность труда единым физиологическим методом, энтропия ( $\alpha$ ) и V при труде; волновой кислород в крови [1]. Напряженность труда определялась по величине невосребованного мышечной деятельностью расхода  $G_2$  по формуле (1):

$$G_{2\text{н}} = G_2 - G_{2\text{м}} = (4,7 \times \text{ЧСС} - 273) - ((0,232 \times \text{МОД} \times 60) / S), \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где S — площадь поверхности тела человека,  $\text{м}^2$ ;

коэффициенты равны таковым в методике расчета расхода энергии для  $S = 1,6 \text{ м}^2$ , представленной в МУК 4.3.1895–04.

Определялись коэффициенты полезного действия (далее —  $\eta$ ) организма по извлечению  $G_2$  из W инспирированного воздуха ( $\eta \Sigma G_2$ ), по сохранению гомеостаза ( $\eta G_2$ ), выполнению ВМР ( $\eta G_1$ ),  $\eta$  расхода  $G_1$  с мышечным и нервно-эмоциональным потоками ( $\eta G_{1\text{м}}$  и  $\eta G_{1\text{н}}$ ). Учитывалось, что легкому, умеренному и тяжелому труду локального, регионального и общего характеров соответствовала масса вовлекаемой в работу скелетной мускулатуры (далее — M), равная 10, 20, 30%; 40, 50, 60 и 70, 80, 90% от массы всех скелетных мышц. По величине энтропии ( $\alpha$ ) оценивалось развитие ПФС МДЗ. При статистической обработке полученных данных достоверность (далее — P) различий оценивали по t-критерию Стьюдента; достоверность связи между признаками — по коэффициенту корреляции Пирсона (далее — r).

Исследования проводились с соблюдением принципов Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотра в 1983 г.

Полученные данные исследования норматива труда<sup>2,3</sup> подтверждают ранее полученные результаты о том, что при физическом труде в организме возникает явление M-зависимой периодической, повторяющейся с изменением M, связи между разнородными  $G_{2\text{м}}$  и  $G_{2\text{н}}$  потоками расхода  $G_2$ . Оно заключается в том, что сильная положительная связь ( $r = 0,6-0,7$ ;  $P < 0,01$ ) между  $G_{2\text{м}}$  и  $G_{2\text{н}}$  имеется при труде локальном ( $M \leq 20\%$ ), слабая связь и ее отсутствие ( $r = 0,25-0,00$ ;  $P > 0,05$ ) — при труде региональном ( $M = 20-40\%$ ) и сильная отрицательная связь, достигающая ( $r = -0,86$  —  $(-0,98)$ ;  $P < 0,001$ ) — при труде общем ( $M > 40\%$ ). Графически это явление воспринимается как зависимое от величины M раздвоение (расщепление) потенциала  $G_2$  на  $G_{2\text{м}}$  и  $G_{2\text{н}}$  потоки его расхода [2]. Установлено, что изменение вектора связи между  $G_{2\text{м}}$  и  $G_{2\text{н}}$  обусловлено неравновесностью повышения  $\eta G_{1\text{м}}$  и  $\eta G_{1\text{н}}$  увеличивающейся M: расход  $G_{2\text{н}}$  уменьшается в экспоненциальной, а расход  $G_{2\text{м}}$  — в линейной пропорции.

В результате вероятный механизм укрепления здоровья увеличивающейся M состоит в стимулировании ею образования  $\Delta G_2$  экономией расхода  $G_2$ , которая автоматически повышает  $\eta$  организма для выполнения ВМР, УР ( $> \eta G_1$ ) и образуется  $\Delta G_1$ . Вызываемая ростом M неравновесность повышения  $\eta G_{1\text{м}}$  и  $\eta G_{1\text{н}}$ , приводящая к здоровьесберегающему образованию большего количества  $\Delta G_{2\text{н}}$ , чем  $\Delta G_{2\text{м}}$ , указывает на то, что напряженность труда зависит от величины M в большей мере, чем тяжесть труда. Но поскольку в отечественной и зарубежной гигиенической практике для оценки напряженности труда измерение M не предусматривается, то и  $\eta$ -повышающее расход  $G_{1\text{н}}$  оздоровительное свойство M остается вне профилактики напряженности труда и управления ПС предприятий.

Результаты исследования добровольцев и рабочих доказывают и значительную роль паттерна дыхания в производстве и регуляции расхода  $G$ ,  $\Delta G$ . С переходом от спонтанного к произвольно сдерживаемому дыханию повышающееся  $\beta O_2$  сопровождается разнонаправленным изменением  $VO_2$  и  $VO_2^*$ :  $VO_2$  и, соответственно, производство  $\Sigma G_2$  уменьшаются, однако  $VO_2^*$  и производство  $\Delta G_2$  увеличиваются. Удлинение апноэ при выполнении  $ВМР_{const}$  сопровождается ростом  $VO_2^*$ , снижением энтропии ( $\alpha$ ), повышением  $\eta$  расхода  $G_{1M}$  и  $G_{1H}$  до 29 и 85 %, образованием  $\Delta G_2$  от 35 до 59 Вт/м<sup>2</sup>, уменьшением физиологической стоимости  $ВМР$  по показателям ЧСС, МОД,  $VO_2$ , ВИК. Именно  $O_2^*$ , производимый и потребляемый в наибольшем количестве при произвольно сдерживаемом дыхании, приводит к росту  $\beta O_2$ ,  $\eta$  организма по извлечению  $G_2$  из инспирированного воздуха с образованием  $\Delta G_2$ . Корреляционная связь  $\Delta G_2$  с  $VO_2$  и  $VO_2^*$  очень сильная, но с  $VO_2$  она отрицательная, а с  $VO_2^*$  положительная. Существенное уменьшение ДК при сдерживаемом дыхании, указывающее на активизацию аэробного производства  $G_2$  в организме смещением субстрата окисления с углеводов (при усиливаемом дыхании) на жиры (при сдерживаемом дыхании), тоже сопровождается наибольшими  $O_2^*$  и  $VO_2^*$ , видимо, обусловленными повышением  $\beta O_2$  задержкой выдоха инспирированного  $O_2$ . Поскольку  $VO_2$  уменьшается при увеличении в нем доли  $VO_2^*$ , то они и их производные ( $VO_{2max}$  и  $VO_{2max}^*$ ) представляются качественно отличными показателями. Судя по полученным результатам, приоритетным назначением  $VO_2^*$  является развитие ПФС МДЗ, а  $VO_2$  — в развитии функциональной системы локомоторного акта. Однако если  $\Delta G_2$ , производимую при помощи  $VO_2^*$ , организм расходует для целей здоровья без промежуточного неблагоприятного процесса уменьшения  $\beta O_2$ , текущего до возникновения тренированного состояния, то  $\Delta G_2$ , производимую при помощи  $VO_2$ , он генерирует с опозданием к воздействию нагрузок, а потому с недостаточно эффективным результатом достижения роста  $\beta O_2$ .

Предполагаем, что причина указанного различия  $VO_2^*$  от  $VO_2$  транспортная — в более эффективной (своевременной и в повышенном количестве) доставке в митохондрии молекул  $O_2^*$  в качестве терминального акцептора электронов с извлечением  $\Delta G_2$  из  $W$  окисляемого субстрата для активизации амфиболической функции цикла Кребса. Ее активизации молекулам  $O_2^*$ , в отличие от молекул  $O_2$ , могут содействовать ЦНС-контролируемые следующие три обстоятельства. Первое: диссоциация  $НЬO_2^*$ , в отличие от содержащегося в остальном объеме крови  $НЬO_2$ , происходит в форме физико-химического колебательного процесса, задаваемого чередованием фаз выдоха, образующих всплески концентрации  $CO_{2альв}$ , которые формируют в артериальном русле синхронные с собой фракции крови, названные «амфиболическими», с несколько повышенным содержанием  $CO_2$ , чем в образующихся вдохом фракциях артериальной крови. С произвольным удлинением фаз выдоха и апноэ концентрация  $CO_{2альв}$  возрастает, что повышает не только вероятность <СГК и ускорения диссоциации  $НЬO_2^*$  в распространяющихся с током крови «амфиболических» ее фракциях с образованием  $O_2^*$ , но и объем этих фракций, а с ним — и количество  $O_2^*$ . Количество  $O_2^*$  при произвольно сдерживаемом дыхании в 4,4 раза больше, чем при спонтанном дыхании. Второе: повышенное содержание  $CO_2$  в удлинении выдоха и апноэ формируемой «амфиболической» фракции крови способствует выходу  $НСO_3$  из эритроцитов в плазму с образованием в ней прибавочного количества  $NaHCO_3$ , в сопровождении которого у  $O_2^*$  увеличивается вероятность преодоления возможных кислых меж- и внутриклеточных сред (включая молочную кислоту (далее —  $HLA$ ) вокруг патологических клеток) с сохранением способности стимулировать, широко (в большом количестве контактов с  $W$ ) поддерживать окислительное фосфорилирование с образованием эндогенной воды,  $CO_2$  и АТФ, тормозящих, исключая избыточное образование представителей  $W$  с повышенной  $\alpha$  (свободных радикалов кислорода,  $HLA$  и др. метаболитов), которые принуждают организм к избыточному расходу  $G_2$  на дальнейшее их восстановление/окисление (детоксикацию) и снижают  $\beta O_2$ . Третье: более обогащаемая водой «амфиболическая» фракция крови, особенно при сокращающем ЛВП произвольном апноэ, способствует усилению гидролиза АТФ. Протекающая через легочные капилляры кровь при МОД 4 дм<sup>3</sup>/мин, в сравнении с нормируемым 8 дм<sup>3</sup>/мин, обогащается сэкономленной на дыхании  $H_2O$  в количестве 0,146 мл/мин, а при МОД 44 дм<sup>3</sup>/мин она обедняется  $H_2O$  со скоростью 1,31 мл/мин.

Вероятно, под воздействием вышеперечисленных трех обстоятельств формируется цепь взаимосвязанных процессов, уменьшающих энтропию ( $\alpha$ ) с образованием  $\Delta G_2$ , способного по спирали развивать свойство  $\beta$  к дальнейшему снижению  $\alpha$  с воспроизводством  $\Delta G_2$  и  $\Delta G_1$ . Свойство  $\beta$  организма работает на увеличение приоритета  $VO_2^*$  по отношению к  $VO_2$  путем повышения  $\eta$  извлечения  $\Delta G_2$  первично из  $W$  инспирированного воздуха, а затем и других источников  $W$  (жиросодержащих, информационных). Это предположение подтверждается исследованиями труда металлургов. Установлено, что применение ими произвольного апноэ перед выполнением производственных операций значительно, на 8–13% ( $P < 0,001$ ), уменьшило МОД,  $V$  при работе и снизило на 20–29% тяжесть и напряженность труда за смену.

Результаты проведенных комплексных исследований указывают на то, что свойство  $\beta$  формирует ПФС МДЗ, состоящую из замкнутой цепи условно-безусловно-рефлекторных нервно-мышечных и нейрогуморальных процессов, снижающих энтропию ( $\alpha$ ), которая повышает  $\eta G_2$  с образованием  $\Delta G_2$ . Центральным звеном в этой цепи является стимулируемый  $O_2^*$  цикл Кребса, а одновременно начальным и конечным звеном — величина  $M$  и внешнее дыхание, спонтанный паттерн которого с пониженным МОД на более высоких витках спирали снижения  $\alpha$  и обеспечения  $\Delta G_2$ , вероятно, содействует преодолению видовой, трудового рубежей здорового долголетия, дальнейшему их совершенствованию, развитию ПС и ноосферы.

#### Выводы

1. Свойство организма быть открытой термодинамической системой ( $\beta$ ) выполняет роль ЦНС-контролируемой «линзы», собирающей и приближающей к рабочим его структурам энергоносители окружающих и собственных внутренних сред с извлечением из них прибавочной свободной энергии ( $\Delta G_2, \Delta G_1$ ), расходуемой на сохранение гомеостаза, повышение работоспособности, совершенствование указанных структур по восходящей спирали замкнутого цикла, начальное и конечное звено которого состоит из массы вовлекаемой в работу скелетной мускулатуры ( $M$ ), фазы выдоха, паузы после него, произвольных и спонтанных задержек дыхания.

Но только у человека  $\beta$  имеет необходимые и достаточные средства для развития структур организма осознанным их совершенствованием.

2. Впервые выявлено существование в организме волнового  $O_2$  ( $O_2^*$ ), который в сравнении с  $O_2$  имеет улучшенные характеристики включения в дыхательную цепь в качестве конечного акцептора электронов с извлечением конвертируемой в АТФ  $G_2$  и  $\Delta G_2, G_1$  и  $\Delta G_1$  из связанной энергии ( $W$ ) в организме и окружающей информационной среде, подтверждаемым уменьшением энтропии ( $\alpha$ ).

3. Впервые обосновано существование у человека эволюционирующего замкнутого условно-безусловно-рефлекторно воспроизводимого цикла процессов дорасщепления  $W$  волновым молекулярным кислородом ( $O_2^*$ ) с образованием при этом  $\Delta G_2$ , способного (помимо своего прямого назначения для сохранения гомеостаза) трансформироваться в  $\Delta G_1$  форму и объединяться с общим потоком расхода  $G_1$  в количестве, зависимом от трудности производственного задания и параметров  $\alpha$  в организме (ее исходной величины, амплитуды и длины волны колебания между вдохом и выдохом), температуры тела и  $M$ , как и  $\alpha$ , служащих  $\eta$ -регуляторами расхода форм энергии  $G_1$  и  $G_2$ , под влиянием величины  $M$  раздваивающегося на разнородные мышечные ( $G_{1M}, G_{2M}$ ) и нервно-эмоциональные ( $G_{1H}, G_{2H}$ ) потоки, между которыми возникает периодическая, повторяющаяся с изменением  $M$ , связь, при  $M$  более 20% делающая их разновекторными из-за преобладающего роста  $\eta G_{1H}, \eta G_{2H}$  над  $\eta G_{1M}, \eta G_{2M}$ , и тем эта связь тоже способствует воспроизводству  $\Delta G_1$  и  $\Delta G_2$  для достижения результата жизнедеятельности без нарушения гомеостаза, особенно при нервно-эмоциональном, умственном труде, естественная биологическая защита от вредного воздействия которого существенно увеличивается с ростом  $M$ .

4. Мобилизация  $M$  снижает нервно-эмоциональный стресс в большей мере, чем стресс мышечный.

5. Частота, дыхательный и минутный объемы спонтанного дыхания нуждаются в корректировке норматива, исходящей из приоритетности и высокой их связи с фундаментальным для достижения здоровья свойством  $\beta$  и возможности его произвольного развития.

6. Напряженность труда нуждается в едином с фактором тяжести труда физиологическом методе ее определения с учетом общего для этих факторов материального носителя и свойства  $M$  регулировать КПД мышечного и нервно-эмоционального потоков расхода  $G$  в организме для управления ими в целях сохранения здоровья при труде.

## Литература

1. Устьянцев, С.Л. Управление производством прибавочной свободной энергии в организме — основа достижения активного долголетия [Электронный ресурс] / С.Л. Устьянцев // Научное обозрение. Философские науки. — 2022. — № 1. — Режим доступа: <https://science-philosophy.ru/ru/article/view?id=6>. — Дата доступа: 29.08.2022.

2. Устьянцев, С.Л. О периодическом законе в физиологии труда и его значении для профилактики трудовых стрессов / С.Л. Устьянцев // Фундаментальные науки и практика: сб. науч. тр. 3-й Междунар. телеконференции «Проблемы и перспективы современной медицины, биологии и экологии», Томск, 25 окт. — 6 нояб. 2010 г. — Томск: СибГМУ, 2010. — С. 66–70.

Поступила 01.09.2022

## К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ, РЕГУЛИРУЮЩИХ ТРУД ЖЕНЩИН

*Фесенко М. А., д. м. н.,  
Голованева Г. В., д. м. н.,  
Вуйцик П. А., vuytcik@irioh.ru,  
Комарова С. В.,  
Мителева Т. Ю., к. м. н.,  
Федосеева Е. В.*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

В настоящее время в условиях снижения численности трудоспособного населения в Российской Федерации, связанного со снижением рождаемости и ростом смертности, охрана репродуктивного здоровья населения является важнейшим направлением государственной политики, определяющим национальную безопасность нашей страны. В Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 г., утвержденной указом Президента от 9 октября 2007 г. № 1351, демографическая политика направлена на увеличение продолжительности жизни населения, сокращение уровня смертности, рост рождаемости, сохранение и укрепление здоровья населения, а также улучшение на этой основе демографической ситуации в стране.

В связи с поставленными задачами Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации (далее — Минтруд РФ) приступило к проектировке национальной стратегии действий в интересах женщин до 2030 г., которая будет реализована в два этапа — с 2023 по 2026 г. и с 2027 по 2030 г. Основными задачами стратегии станут обеспечение гендерного равенства, улучшение баланса между семьей и трудовой деятельностью, развитие системы охраны репродуктивного здоровья. Она потребует совершенствования российского законодательства, включения мероприятий в национальные проекты и госпрограммы, а также проведения научных исследований. Разработка Стратегии поможет трудящимся женщинам в преодолении профессиональной сегрегации, использовании гибких форм занятости, в том числе дистанционной, и в целом повышении конкурентоспособности женщин на рынке труда. Минтруд РФ указывает на необходимость доступности качественной медицинской помощи независимо от места проживания, важность развития системы охраны репродуктивного здоровья и создания программ оказания медицинских услуг россиянкам с ограниченными физическими возможностями.

В Российской Федерации, по данным Росстата, на 2022 г. общая численность населения составляет 145,6 млн, из них 54% — женщины. По данным Минтруда РФ, на 2021 г. в России отмечается высокая занятость женщин (34,4 млн работающих россиянок составляют 48,7% от занятого населения, в том числе 26,5 млн женщин (более 64%) находятся в фертильном возрасте (15–49 лет). Женщины представляют большинство среди занятых в образовании (82%), здравоохранении и социальных услугах (80%), гостиничном бизнесе и общественном питании (74%), финансовой и страховой деятельности (69%), торговле (62%). Около 30% (более 1,7 млн) субъектов малого и среднего бизнеса возглавляют женщины. Большинство женщин трудятся в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям, более 1,1 млн женщин работают во вредных и опасных условиях труда, что влечет за собой высокую частоту репродуктивной патологии, осложнений течения беременности.

В настоящее время проводится актуализация нормативно-правовых документов, регулирующих труд женщин.

В Трудовой Кодекс Российской Федерации (далее — ТК РФ) внесены изменения в статьи, в которых содержатся специальные нормы об охране труда женщин, принятые с учетом физиологических особенностей женского организма.

Так, в ст. 253 ТК РФ «Работы, на которых ограничивается применение труда женщин» ограничивается применение труда женщин на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на подземных работах, за исключением нефизических работ или работ по санитарному и бытовому обслуживанию. Также запрещается применение труда женщин на работах, связанных с подъемом и перемещением вручную тяжестей, превышающих предельно допустимые для них нормы. Ст. 254 ТК РФ для беременных женщин и женщин, имеющих детей в возрасте до полутора лет, в соответствии с медицинским заключением и по их заявлению предусматривает снижение нормы выработки, нормы обслуживания, перевод на другую, исключающую воздействие неблагоприятных производственных факторов, с сохранением среднего заработка по прежней работе.

Перечни производств, работ и должностей с вредными и (или) опасными условиями труда, на которых ограничивается применение труда женщин, и предельно допустимые нормы нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную утверждаются в порядке, установленном Правительством РФ с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений.

В настоящее время Минтрудом РФ приказом от 18.07.2019 № 512н утвержден новый Перечень производств (далее — Перечень), работ и должностей с вредными и (или) опасными условиями труда, на которых ограничивается применение труда женщин, который вступил в силу с 1 января 2021 г.

В отличие от предыдущего Перечня, который запрещал труд женщин в ряде профессий и видов работ, новый документ ограничивает ряд работ. Перечень усовершенствован — удалены устаревшие профессии (машинисты паровозов, кочегары); тяжелые физические работы по всем отраслям объединены в один пункт 87 — «Работы, связанные с подъемом и перемещением тяжестей вручную». Большинство должностей, ранее перечисленных под отдельными номерами, включены в подразделы «производства и виды работ» и пр. Перечисленные изменения позволили сократить нумерацию Перечня с 456 пунктов до 100, что некоторые трактуют как значительное сокращение Перечня, но это не так.

В Перечень примечанием 2 введен список «Химические вещества, опасные для репродуктивного здоровья», что позволит актуально оценивать и предотвращать риск нарушений репродуктивного здоровья работниц.

Однако ряд профессий, выведенных из ограничения для работы женщин, вызывает вопросы. Исключены из запрета все работы на высоте. Перечень разрешает женщинам работать машинистами и их помощниками таких видов рабочего транспорта, как скоростные и высокоскоростные электропоезда, поезда метрополитена, а также автогрейдера, бульдозера, смесителя асфальтобетона, экскаваторов и прочей техники.

До недавнего времени женщинам долгое время было запрещено работать в этих профессиях, в этой связи практически отсутствуют данные гигиенических исследований, направленных на изучение безопасности воздействия вредных производственных факторов на репродуктивное здоровье. Вместе с тем отдельные исследования в медицине труда, изучающие воздействие вредных производственных факторов и факторов трудового процесса на здоровье машинистов железнодорожного транспорта, оценивают их как резко негативные для женского репродуктивного здоровья.

Так, общая вибрация оказывает негативное влияние на женскую половую сферу, что выражается в нарушении менструального цикла, а также увеличении распространенности невынашивания беременности. Особенно опасно воздействие общей вибрации в сочетании с другими вредными факторами, в частности шумом [2].

Работа при отсутствии естественного освещения (метро), ночная, сменный график работы оказывают негативное влияние на репродуктивную систему женщины посредством нарушения механизмов эндокринного регулирования гормональных циклов, вызывая ускоренное наступление менопаузы, и повышают риск развития злокачественных новообразований, в частности рака эндометрия и молочной железы [3].

Воздействие электромагнитных полей как от двигателей электрического подвижного состава, так и полей радиочастотного диапазона от средств подвижной радиосвязи и базовых станций сотовой связи негативно влияет на репродуктивное здоровье, вызывая нарушения микроциркуляции и гормональной регуляции; излучения различных частот и модуляций приводят к недостатку выработки основных женских половых гормонов, приводя к нарушениям менструального цикла, повышению риска ненаступления беременности, а также самопроизвольного выкидыша и задержки внутриутробного развития плода [1].

Все вышесказанное обуславливает необходимость динамического наблюдения за здоровьем женщин, занятых в новых, разрешенных приказом Минтруда профессиях, а также делает актуальным проведение современных натуральных физиолого-гигиенических исследований для безопасности труда и сохранения здоровья женщин.

Минтрудом РФ внесены изменения в нормативную базу, касающуюся норм подъема и перемещения тяжестей вручную. С 1 марта вступил в силу приказ Минтруда РФ от 14 сентября 2021 г. № 629н «Об утверждении предельно допустимых норм нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную».

Согласно этому приказу, установлены нормы нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную: 10 кг — при подъеме и перемещении тяжестей при чередовании с другой работой (до двух раз в час); 7 кг — постоянно в течение рабочей смены. Новым в документе является разрешение однократного подъема тяжестей без перемещения массой 15 кг. Многолетними науч-

ными исследованиями, проведенными в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», доказан профессиональный риск нарушений репродуктивного здоровья женщин — работников при подъеме и перемещении тяжестей вручную более 10 кг, что дало основание для включения в Перечень профессиональных заболеваний (Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 27 апреля 2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний») патологии репродуктивной системы «Опущение и выпадение матки и стенок влагалища».

Недопустимым является такой подъем тяжестей для беременных работниц, особенно на ранних сроках беременности, при отсутствии медицинского заключения, когда женщина может еще не знать о наступившей беременности. Метаанализ более 80 клинических исследований за рубежом в период 2014–2019 гг. выявил статистически значимую связь между такими видами физических нагрузок, как однократный подъем тяжестей массой 11 и более кг; подъем тяжестей за смену суммарной массой 100 и более кг; работа в позе «стоя» четыре и более часов за смену, в позе наклонившись в течение одного и более часа за смену, и неблагоприятными осложнениями — развитием гестационной гипертензии, преэклампсии, и исходами беременности — самопроизвольными выкидышами, преждевременными родами, низкой массой ребенка при рождении (ниже 2500 г), малым для гестационного возраста размером плода, задержкой внутриутробного развития [4].

В настоящее время особенности труда беременных работниц отражены в Санитарных правилах СП 2.2.3670–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» (раздел 7), которые содержат следующие требования к организации условий труда женщин в период беременности и кормления ребенка.

Условия труда женщин в период беременности и кормления ребенка должны соответствовать допустимым условиям труда.

Беременные женщины и в период кормления ребенка не должны выполнять производственные операции, связанные с подъемом предметов труда выше уровня плечевого пояса, подъемом предметов труда с пола, статическим напряжением мышц ног и брюшного пресса, вынужденной рабочей позой (на корточках, на коленях, согнувшись, упором животом и грудью в оборудование и предметы труда). Для беременных женщин должны быть исключены работы на оборудовании, использующем ножную педаль управления, на конвейере с принудительным ритмом работы, сопровождающиеся превышением гигиенических нормативов по показателям напряженности трудового процесса.

Беременные и кормящие женщины не допускаются к выполнению работ, связанных с воздействием возбудителей инфекционных, паразитарных и грибковых заболеваний.

Беременные и кормящие женщины не должны трудиться в условиях воздействия источников инфракрасного излучения. Температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений в рабочей зоне не должна превышать 35 °С.

Для беременных и кормящих женщин исключаются условия труда, характеризующиеся превышением гигиенических нормативов по показателям влажности.

Для женщин в период беременности запрещается работа в условиях резких перепадов барометрического давления.

Научные данные показывают, что кроме требований, перечисленных в разделе 7 Санитарных правил для беременных женщин, необходимо исключить виды деятельности, связанные с намоканием одежды и обуви, работой на сквозняке.

Также не рекомендуется работа беременных женщин в безоконных и бесфонарных помещениях, т.е. без естественного света.

При оценке машин и оборудования нельзя допускать контакта с локальной вибрацией таких частей тела, как живот, бедра и пояснично-крестцовый отдел позвоночника. Необходимо запрещать операции, при которых осуществляется, например, прижим деталей низом живота к вращающемуся наждаку и т.п.

Таким образом, изменение нормативной базы, касающейся труда женщин, вызывает у специалистов медицины труда обоснованную настороженность в связи с появлением новых профессиональных рисков для здоровья женщин, включая репродуктивное; обуславливается необходимость оценки этих рисков, а также требуется обязательное динамическое наблюдение для оценки влияния новых для женщин видов труда на их здоровье и разработки своевременных профилактических мероприятий.

## Литература

1. Лепёхина, А. С. Роль электромагнитных излучений в формировании синдрома задержки внутриутробного развития плода / А. С. Лепёхина // Биомедицинская инженерия и электроника. — 2012. — № 2 (2). — С. 7–11.
2. Мамедова, М. Н. Влияние некоторых факторов производственной среды на состояние здоровья женщин / М. Н. Мамедова // Мед. новости. — 2011. — № 12. — С. 44–46.
3. Сменная работа и риск нарушения здоровья: монография / ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России; Ю. Ю. Горблянский [и др.]. — Ростов н/Д: ООО «Фонд науки и образования», 2016. — 520 с.
4. The impact of occupational shift work and working hours during pregnancy on health outcomes: a systematic review and meta-analysis / С. Cai [et al.] // Am. J. Obstet. Gynecol. — 2019. — Vol. 221, № 6. — P. 563–576.

Поступила 31.08.2022

### МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ИЗ ОБРАЗЦОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПЫЛИ ЭКСТРАКТОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АЛЛЕРГОПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ

Шевляков В. В., д. м. н., профессор, [shev-vitaliy@mail.ru](mailto:shev-vitaliy@mail.ru),  
Эрм Г. И., к. б. н., [erm\\_galina@mail.ru](mailto:erm_galina@mail.ru),  
Баранов С. А., [mfantastikas1992@mail.ru](mailto:mfantastikas1992@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Диагностика профессиональной аллергической патологии у работников основана на клиническом уточнении аллергической природы заболевания и определении его причинно-следственной связи с профессиональной деятельностью.

Общеклиническое и аллергологическое исследование работников с подозрением профессиональной аллергопатологии выполняют в соответствии с клиническими протоколами диагностики и лечения больных с аллергическими заболеваниями, утвержденными Министерством здравоохранения Республики Беларусь от 19.05.2005 № 274. При выполнении аллергологического исследования работника особое внимание обращают на выявление отягощенного наследственного и собственного аллергологического анамнеза, установление ведущих клинических симптомов и диагноза аллергопатологии, их взаимосвязь с профмаршрутом и возможную производственную обусловленность.

Подтверждением производственной обусловленности диагностированного аллергического заболевания у работника являются:

— установление при клиническом обследовании характера проявления клинических аллергических симптомов по синдромам экспозиции (нарастание выраженности аллергической симптоматики в процессе выполнения работы в течение смены, недели, месяца), элиминации (снижение выраженности и исчезновение аллергической симптоматики при прерывании контакта с производственным аллергеном в период выходных дней или отпуска) и реэкспозиции (повторное возникновение и нарастание выраженности аллергической симптоматики при возобновлении работы после перерыва) [2];

— установление профессионального контакта с производственным аллергеном и превышение измеренных фактических уровней загрязнения ими производственной среды соответствующих величин ПДК<sub>врз</sub> или ПДУ загрязнения кожи, определяемые по данным санитарно-гигиенической характеристики условий труда работника, выданной территориальным центром гигиены и эпидемиологии на основании комплексной гигиенической оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса и (или) аттестации рабочих мест по условиям труда [1].

Установление согласно санитарно-гигиенической характеристики профессионального контакта пациента с конкретными производственным аллергеном, на которые имеются стандартизованные коммерческие диагностические тест-аллергены и аллергодиагностические лабораторные системы, является основанием их использования для постановки специфических кожных

тестов — прик-тесты (аллергены вводятся уколом), патч-тесты (аппликационные накожные тесты) или скарификационные кожные пробы — в соответствии с инструкцией к диагностическим аллергенам или определения в сыворотке крови лиц с подозрением на профессиональное аллергическое заболевание специфических иммуноглобулинов Е. Положительные результаты кожного тестирования с тест-аллергеном или выявление специфических IgE к нему являются объективным подтверждением его этиологической роли и профессионального характера аллергического заболевания у работника [2].

Вместе с тем для целого ряда промышленной белоксодержащей органической (полные антигены), металлической и химической (в основном гаптены), смешанной пыли как потенциальных аллергенов не установлены научно обоснованные предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны (ПДКврз), что не позволяет обеспечить безопасные условия труда и профилактику профессиональной аллергической заболеваемости у работников.

По данным Республиканского профпатологического центра, ежегодно у 1–3 работающих клинически диагностируется аллергопатология с предполагаемой ее производственной обусловленностью от воздействия главным образом нормированной только по критерию фиброгенного действия или не нормированной промышленной пыли биологической природы, или неидентифицированной промышленной пыли. Однако установить причинно-следственную связь и подтвердить профессиональный характер аллергического заболевания у работников не позволяет отсутствие патогенетических гигиенических нормативов и соответствующего контроля содержания органической пыли в воздухе производственной среды, а также коммерческих диагностических препаратов и систем на основе специфических тест-аллергенов на промышленные вещества-аллергены, поскольку они в основном не производятся.

Ведущее вредное аллергическое действие на организм и потенциальную аллергоопасность органической пыли (далее — ОП) главным образом обуславливает содержание в ней белково-антигенного комплекса (далее — БАК), что является основой научной концепции и методологии гигиенического нормирования в воздухе рабочей зоны содержания ОП по ее белково-антигенной составляющей [3].

Это определяет возможность подобранными адекватными способами в зависимости от химической структуры и водорастворимости органической пыли достаточно полно извлечь из отобранных на предприятии образцов не нормированной ОП биологически активные субстанции, главным образом белковые и другие антигенные субстанции (липопротеиды, полисахарады), и использовать полученный из них растворимый БАК или для экспериментов по обоснованию ПДК ОП в воздухе рабочей зоны, или в качестве тест-аллергена для этиологической аллергодиагностики у пациента.

При получении тест-аллергенов из растительных и животных объектов используют более 500 способов и методов с применением для экстракции и извлечения антигенных субстанций насыщенных солевых растворов и фенола, растворителей (ацетон, хлороформ, бутанол и др.), соли аммония, детергентов, спиртов, щелочей и даже кислот [4]. При этом в большей или меньшей степени происходит частичная денатурация четвертичной, третичной и даже вторичной структуры белка с возможной утратой в основном функциональных и антигенных свойств, но которые при подобранных условиях экстрагирования обратима, поскольку в подкисленной среде (рН 4–4,5 ед.) при агрегации белка (преципитации) происходит восстановление белкового домена за счет гидрофобного взаимодействия и/или восстановление пространственной структуры вследствие создания и диссоциации белковых комплексов (шопероны). Причем доказано, что активность белкового компонента аллергена прежде всего зависит от наличия свободных аминокислотных групп, а не от конфигурации. А последующим постепенным увеличением рН среды экстракта до слабо щелочной переводят белок из коллоидного преципитата в водорастворимую форму с сохранением антигенной активности и специфичности, что подтверждается клиническими и экспериментальными исследованиями [4].

Подбор рациональных методов экстракции из пыли антигенного комплекса основывается на физико-химических свойствах основного вещества пыли, прежде всего учитывается «жесткость» его химической структуры и биологическая растворимость (степень растворимости в основной модельной биологической среде — физиологическом растворе [3]).

Выполненными нами исследованиями отдельных видов органической пыли растительного, животного и смешанного происхождения при использовании модельных жидкостей с разными значениями показателя рН установлено максимальное содержание растворимых субстанций пыли в модельных жидкостях с рН 5,8–6,5 (физиологический раствор, водно-солевые растворы и т.п.). Причем, как правило, для видов органической пыли, обладающих достаточно хорошей растворимостью в физиологическом растворе, наиболее эффективным явился способ экстрагирования белково-антигенных комплексов в насыщенный водно-солевой раствор Соса следующего состава:

хлористый натрий — 50 г, однозамещенный фосфат калия — 3,63 г, двузамещенный фосфат натрия — 14,31 г, растворимые в 1 л дистиллированной воды [4].

В экспериментах с образцами пыли птицеводческого и животноводческого производств при различных условиях экстрагирования (при температурах 37 °С и 4–6 °С в течение 1–5 суток) в водно-солевой раствор Соса с рН 6,5 установлено, что экстракция растворимых субстанций из органической пыли с увеличением экспозиции до 3 суток в оптимальной по рН среде возрастает на 90,7 % по сравнению с суточной выдержкой при 37 °С. Причем наилучшие результаты получены при соотношении пробы пыли и водно-солевого раствора Соса 1: 5 или 1: 10 и последующей 3-суточной экстракции при 4–6 °С, поскольку в экстрактах из образцов органической пыли животного происхождения содержание растворимой фракции белка, определяемого методом Лоури, достигало максимальных уровней [5].

Вообще для изученных образцов растительного, животного и смешанного происхождения, которые характеризовались умеренно-высокой степенью биологической растворимости в физиологическом растворе (более 5 % по [3]), использование метода экстрагирования в водно-солевой раствор Соса было весьма эффективным для получения из них растворимого белково-антигенного комплекса.

На этой основе предложен унифицированный вариант упрощенного метода экстракции в водно-солевой раствор Соса, позволяющий получить в условиях клинических (иммунологических) лабораторий экстракт из ОП с содержанием белка 2–6 мг/см<sup>3</sup> и более, что достаточно для его использования в качестве тест-аллергена в диагностике профессиональной аллергопатологии у работника. Технология метода включает следующие последовательные этапы.

Поскольку отобранные на производствах образцы органической пыли в основном находятся в аморфном агрегатном состоянии и контаминированы микробной флорой, то на первом этапе проводят подготовку отобранных на производствах образцов пыли, которая включает:

- стерилизацию образцов пыли путем двукратной обработки по 1 часу при температуре 56 °С в регулируемой водяной бане или в суховоздушном инактиваторе с периодическим перемешиванием;
- дополнительное измельчение в кофемолке или истирание в фарфоровой ступке;
- одно- или двукратное обезжиривание ацетоном образцов ОП животного и смешанного происхождения, содержащих в повышенном количестве липиды.

Этап экстрагирования подготовленного образца органической пыли:

- готовят пробу суспензии пыли, смешивая в стеклянном стакане (колбе) в соотношении 1 : 10 взвешенное количество подготовленного образца ОП (1,00 ± 0,01 г) с водно-солевым раствором Соса (10 см<sup>3</sup>);

- экстрагируют пробу в течение 1 суток в термостате (37 °С) и затем 3 суток в холодильнике (6–8 °С) при периодическом/постоянном перемешивании.

Этап выделения растворимых субстанций, характеристика и хранение экстракта:

- суспензию пыли после экстрагирования переливают в уравновешенных объемах в полимерные центрифужные пробирки ((далее — ПЦП) на 6–10 см<sup>3</sup>) и центрифугируют при 6000 об/мин в течение 20 мин, отбирают супернатанты в чистые ПЦП и подвергают повторному центрифугированию при 6000 об/мин в течение 30 мин, супернатанты отбирают в стеклянный стакан и перемешивают;

- количественно характеризуют экстракт по содержанию белка (в мг/см<sup>3</sup>), определяемого фотометрическим методом Лоури при длине волны 750 нм, используя для построения градуировочного графика бычий сывороточный альбумин;

- экстракт разливают по 1–2 см<sup>3</sup> в микропробирки эппендорфы или ампулы и в закрытом виде хранят при –18... –20 °С в морозильнике без применения консерванта.

С использованием данного метода нами получены экстракты, в которых методом Лоури установлено достаточно высокое содержание растворимых субстанций по белку: из образцов пыли птицеводческого производства — до 8,5–12,5 мг/см<sup>3</sup>; комбикормов — 5,2–5,9 мг/см<sup>3</sup>; пшеничной и ржаной муки соответственно 3,1 и 3,15 мг/см<sup>3</sup>; крупяной пыли — от 1,57 (гречневая) до 5,3 (перловая) мг/см<sup>3</sup>; пыли кормовых дрожжей — до 10,4 мг/см<sup>3</sup>.

Экспериментальной оценкой аллергенной активности полученных нами экстрактов из органической пыли смешанного, растительного и животного происхождения на классической модели воспроизведения и выявления сенсibilизации на чувствительных лабораторных животных морских свинках-альбиносах или на модели сенсibilизации белых мышей при внутрикожном введении изучаемого экстракта в смеси с иммуномодулятором полным адьювантом Фрейнда установлено формирование в организме опытных животных выраженных механизмов аллергических реакций всех 4 типов. Причем, как правило, экстракты из пыли смешанного и животного происхождения проявляют сильную аллергенную активность (1 класс), а из растительной пыли — выраженную (2 класс). Результаты экспериментов являются доказательством адекватности использованного ме-

тогда для получения из образцов разных видов промышленной органической пыли полноценных антигенных комплексов, обладающих высокой аллергенной способностью.

Следовательно, полученные экстракты можно использовать в качестве тест-аллергенов в этиологической лабораторной алергодиагностике. Так, например, с использованием полученного экстракта из органической пыли птицеводческого производства (с содержанием белка  $10,4 \text{ мг/см}^3$ ) в качестве тест-аллергена в лабораторных алергодиагностических реакциях у опытных морских свинок-альбиносов, подвергнутых ингаляционному воздействию в течение месяца экстрактом в высокой концентрации по белку ( $3,06 \pm 0,08 \text{ мг/м}^3$ ), установлены высокие уровни развития: у 62,5% животных реакции специфического лейколизиса ( $13,6 \pm 3,55\%$ ,  $p < 0,05$  по отношению к контролю), отражающей антителообусловленную цитотоксичность, у 75% — реакции специфической непрямо́й дегрануляции тучных клеток ( $17,7 \pm 2,84\%$ ,  $p < 0,001$ ), отражающей анафилактический IgE-обусловленный тип аллергической реакции, у 87,5% — реакции специфической микропреципитации ( $1,75 \pm 0,45 \log_2$  титров преципитирующих гуморальных антител,  $p < 0,001$ ), отражающей иммунокомплексный тип аллергии [5]. Причем формирование у опытных животных выраженного аллергического процесса смешанного типа подтверждало установление высокой частоты (100%) и выраженности реакции специфического НСТ-теста гранулоцитов крови на их стимуляцию экстрактом (индекс стимуляции  $1,27 \pm 0,05$ ,  $p < 0,001$ ).

С использованием экстракта при обследовании птицеводов у 69,2–73,3% из них установлены высокие уровни лабораторных алергодиагностических реакций, подтверждающих развитие в их организме механизмов аллергических реакций смешанного типа профессионального генеза [5].

Аналогичные результаты получены нами и при обследовании работников мукомольных и комбикормовых производств с использованием в качестве тест-аллергенов экстрагированные в водно-солевой раствор Соса из мучной пыли и пыли комбикормов белково-антигенные комплексы.

Установление положительных результатов используемого в иммунологической лаборатории комплекса специфических клеточных или серологических алергодиагностических методов, основанных на инкубации/культивировании лейкоцитов и/или сыворотки крови обследуемого работника с полученным экстрактом из конкретного образца пыли в обоснованных оптимальных дозах по 100–300 мкг/см<sup>3</sup> по белку и отражающих разные механизмы аллергических реакций, является подтверждением этиологии данной пыли в развитии аллергического заболевания у работника.

Таким образом, метод экстрагирования в водно-солевой раствор Соса достаточно рационален и адекватен для получения в лабораторных условиях из образцов промышленной органической пыли, характеризующихся умеренно-высокой степенью биорастворимости, экстрактов, содержащих полноценные растворимые белково-антигенные комплексы пыли, что позволяет применять полученные экстракты в качестве тест-аллергенов в диагностике аллергических заболеваний с целью верификации их профессионального генеза.

На этом основании разработана Инструкция по применению № 007–1121 «Метод получения из промышленной пыли экстракта для диагностики профессиональной аллергической патологии и гигиенического нормирования», утвержденная Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь от 28.01.2022.

## Литература

1. Инструкция о порядке проведения обязательных и внеочередных медицинских осмотров работающих [Электронный ресурс]: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 29.07.2019 № 74. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934675&p1=1>. — Дата доступа: 22.03.2021.

2. Матвиенко, Ю.А. Значение лабораторной диагностики для дифференциального подхода к установлению этиологии аллергических заболеваний в пульмонологии (часть 1) / Ю.А. Матвиенко // Астма та алергія. — 2012. — № 2. — С. 28–37.

3. Требования к постановке токсиколого-аллергологических исследований при гигиеническом нормировании белоксодержащих аэрозолей в воздухе рабочей зоны: метод. указания № 11–11–10–2002 / В.В. Шевляков [и др.] / М-во здравоохранения Респ. Беларусь // Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. — Минск: ПЧУП «Бизнесофсет», 2004. — Ч. XIV. — С. 4–49.

4. Фрадкин, В.А. Диагностические и лечебные аллергены / В.А. Фрадкин. — М.: Медицина, 1990. — 284 с.

5. Шевляков, В.В. Медицина труда на современных птицеводческих предприятиях / В.В. Шевляков, Г.И. Эрм. — Минск: Тонпик, 2008. — 160 с.

Поступила 25.08.2022

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВРАЧА-ПРОФПАТОЛОГА

Шуган Е.Е., к.м.н., eeshigan@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

В трудовой деятельности врач-профпатолог в современных условиях решает сложные задачи, связанные с проведением профосмотров, проведением экспертиз профпригодности и связи заболевания с профессией, а также изучением возникновения и развития не только заболеваний, полученных при неблагоприятном воздействии факторов производственной среды и трудового процесса, но и формирования различных производственно обусловленных нозологических форм.

Все это требует наличия определенного комплекса специфических профессиональных компетенций — теоретических знаний, практических навыков и личного опыта.

Анализ требуемых характеристик врача-профпатолога позволит более успешно и квалифицированно выполнять трудовые обязанности и даст возможность связать рабочие характеристики специалиста с конкретными, измеряемыми результатами его трудовой деятельности по оказанию медицинской помощи, понимать причины успеха и неуспеха, находить методы повышения его результативности и эффективности, построить на ее основе систему профессиональной оценки и аттестации, более продуктивно определять профпригодность того или иного врача к деятельности в области профпатологии, что в итоге повысит качество оказания специализированной медицинской помощи работающему населению.

Прежде чем перейти к разбору профессиональных компетенций врача-профпатолога, разберемся в некоторых понятиях (терминах).

*Знания* — совокупность сведений и познаний в какой-либо области. Все, что мы получаем при обучении и поиске информации.

*Умения* — все, что может сотрудник делать по результатам пройденного обучения или выполнения какой-либо работы. Например, регистрация входящих документов с учетом всех правил делопроизводства.

*Навыки* — это умения, доведенные до автоматизма. Например, слепая 10-пальцевая печать. Сначала мы изучили, потом попрактиковались, а потом уже не задумываясь начинаем делать автоматически.

*Компетенции* — это базовые знания, умения, навыки, опыт; сюда входят и личностные характеристики, и способности, и профессиональные качества. Слово «компетенция» происходит от латинского слова *competere*, что означает соответствовать, подходить.

*Профессиональные компетенции* — это специальные знания, умения и навыки (приобретенный опыт) работника, необходимые ему для эффективного выполнения определенных профессиональных задач (функций) в соответствии с должностными требованиями. Профессиональные компетенции определяют подготовленность работника к самостоятельному выполнению профессиональной деятельности и оценке выполненного собственного труда.

Косвенное отношение к профессиональным компетенциям имеют и личностные качества работника. Наиболее важными в выполнении трудовых действий являются ответственность и внимательность, гибкое, системное и аналитическое мышление, аккуратность и самоконтроль, а также следование социальным стандартам и служебной этике, умение работать в команде и коммуникативные качества.

Важными профессиональными компетенциями врача любой клинической специальности являются способность эффективно взаимодействовать с пациентом, его окружением и, при необходимости, другими специалистами здравоохранения с целью достижения результатов в выявлении, диагностике и формулировке диагноза заболевания у пациента, назначения плана лечения заболевания, к оценке его эффективности с последующей реабилитацией пациента, к оценке и управлению рисками в использовании наиболее результативных методов профилактических программ и качества медицинской помощи.

Врач должен постоянно поддерживать профессиональный уровень своей деятельности: знаний и умений.

Профессиональная компетентность дает врачу моральное право самостоятельно принимать соответствующие решения в любых ситуациях по оказанию пациенту медицинской помощи.

Основные требования к образованию и обучению врача-профпатолога следующие (рисунок 1).

1. Высшее образование — специалитет по одной из специальностей «лечебное дело» или «педиатрия», подготовка в ординатуре по специальности «профпатология».

2. Высшее образование — специалитет по одной из специальностей «лечебное дело» или «педиатрия», подготовка в интернатуре и (или) ординатуре по одной из специальностей: «общая врачебная практика (семейная медицина)», «терапия» и дополнительное профессиональное образование — программы профессиональной переподготовки по специальности «профпатология».

Особыми условиями допуска к профессии являются наличие Сертификата специалиста или свидетельство об аккредитации специалиста по специальности «профпатология», прохождение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров (обследований), а также внеочередных медицинских осмотров (обследований), а также отсутствие ограничений на занятие профессиональной деятельностью.

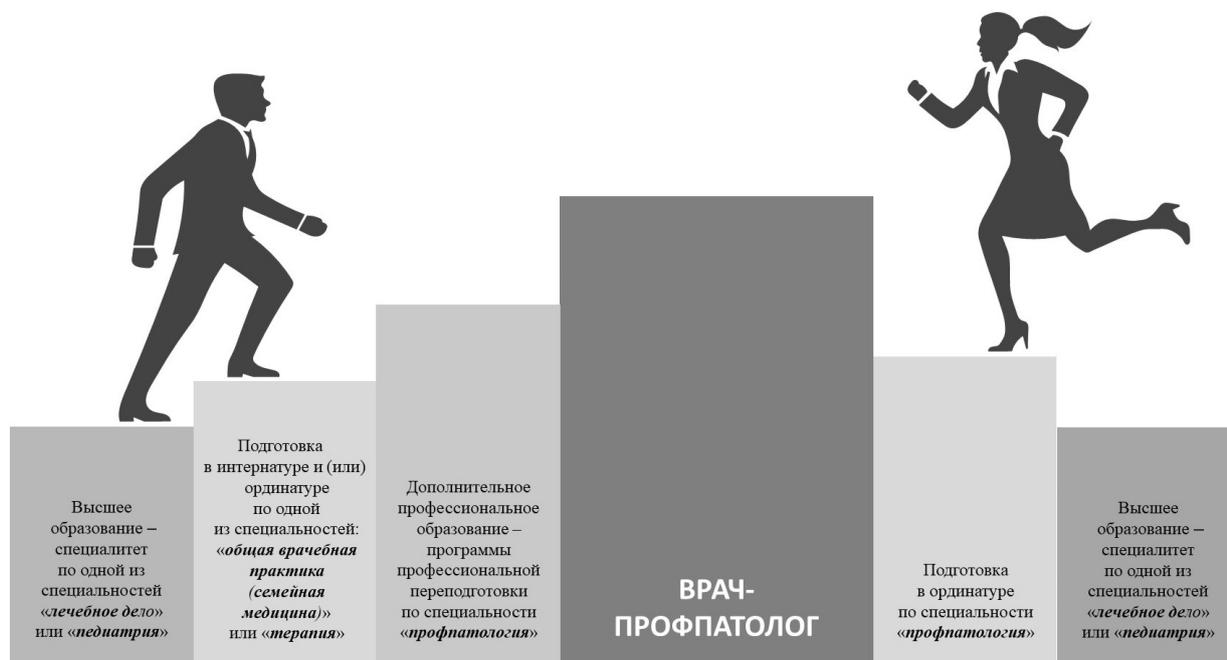


Рисунок 1 — Образование врача-профпатолога в Российской Федерации

С целью профессионального роста и присвоения квалификационных категорий требуются дополнительное профессиональное образование (программы повышения квалификации и программы профессиональной переподготовки); формирование профессиональных навыков через наставничество; стажировка; использование дистанционных образовательных технологий (образовательный портал и вебинары); тренинги в симуляционных центрах; участие в научно-практических мероприятиях, соблюдение врачебной тайны, клятвы врача, принципов врачебной этики и деонтологии в работе с пациентами, их законными представителями и коллегами; соблюдение нормативных правовых актов в сфере охраны здоровья граждан, регулирующих деятельность медицинских организаций и медицинских работников, программ государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи.

Структура профессиональных компетенций врача-профпатолога (рисунок 2) формируется в зависимости от выполнения им обобщенной трудовой функции — оказание медицинской помощи в области профессиональной патологии, состоящей из представленных ниже 7 трудовых функций.

Все это нашло отражение в подготовленном профессиональном стандарте по специальности «Врач-профпатолог», разработанном Ассоциацией врачей и специалистов медицины труда совместно с Национальной медицинской палатой, при консультативном участии Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Разберем основные профессиональные компетенции — знания и умения — при оказании врачом-профпатологом перечисленных выше трудовых функций отдельно.

Общими функциями для всех клинических специальностей являются:

— назначение лечения работникам (пациентам) с профессиональными заболеваниями, в том числе санаторно-курортного, контроль за его эффективностью и безопасностью;



**Рисунок 2 — Трудовые функции врача-профпатолога**

- проведение и контроль эффективности мероприятий по профилактике возникновения профессиональных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда, формированию здорового образа жизни, санитарно-гигиеническому просвещению;
- проведение анализа медико-статистической информации, ведение медицинской документации, организация деятельности находящегося в распоряжении медицинского персонала;
- оказание медицинской помощи работникам (пациентам) в экстренной форме.

Остановимся на особых профессиональных функциях для врача-профпатолога.

*Диагностика и раннее выявление профессиональных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда, установление связи заболевания с профессией предусматривает следующие знания и умения:*

- выявлять ранние признаки воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов на состояние здоровья работника, симптоматику и начальные формы профессиональных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда;
- формировать группу риска по развитию профессиональных заболеваний;
- выявлять симптоматику профессиональных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда, препятствующих выполнению и являющихся противопоказаниями к поручаемой работнику работе;
- формулировать предварительный диагноз профессионального заболевания и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда;
- осуществлять сбор, оформление и направление документации (санитарно-гигиеническую характеристику условий труда работника, результатов специальной оценки условий труда (далее — СОУТ) и производственного контроля, предварительных и периодических медицинских осмотров), профмаршруте, выписок о результатах обязательных медицинских осмотров и клинических данных состояния здоровья работника, а также направление самого работника с установленным предварительным диагнозом острого или хронического профессионального заболевания на амбулаторное

или стационарное обследование в специализированную медицинскую организацию или ее подразделение (центр профессиональной патологии, клинику или отдел профессиональных заболеваний медицинских научных организаций клинического профиля), проводить его обследование, анализировать и интерпретировать все собранные данные для установления заключительного диагноза в соответствии с нормативными правовыми актами по профпатологии;

— оформлять извещение об установлении заключительного диагноза острого или хронического профессионального заболевания (отравления), его уточнении или отмене или медицинское заключение о наличии или об отсутствии профессионального заболевания в соответствии с нормативно-правовыми актами, МКБ и Перечнем профессиональных заболеваний;

— анализировать и оформлять медицинскую документацию работника, необходимую для проведения экспертизы профессиональной пригодности и экспертизы связи заболевания с профессией а также направлять работника в специализированную медицинскую организацию или ее подразделение (центр профессиональной патологии, клиника или отдел профессиональных заболеваний медицинских научных организаций клинического профиля) для оказания специализированной медицинской помощи, решения вопросов экспертизы профессиональной пригодности и экспертизы связи заболевания с профессией.

*Проведение обязательных (предварительных, периодических, внеочередных) медицинских осмотров:*

— составлять и проводить план обследования (сбор жалоб, анамнеза, необходимых лабораторных и функциональных исследований, в том числе с учетом вредных и опасных производственных факторов, работ и профессий) для лица, поступающего на работу, или для работника, подлежащего периодическому (или внеочередному) медицинскому осмотру с учетом вредных и опасных производственных факторов и работ;

— интерпретировать и анализировать медицинскую документацию, заключения врачей-специалистов, результаты лабораторных и инструментальных исследований в целях выявления у работников профессиональных заболеваний и заболеваний (отравлений), связанных с условиями труда, начальных форм профессиональных заболеваний, ранних признаков воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов рабочей среды, формирования групп риска развития профессиональных заболеваний и заболеваний, препятствующих выполнению поручаемой работнику работе;

— направлять лицо, поступающее на работу, или работника, подлежащего периодическому (или внеочередному) медицинскому осмотру, с выявленными медицинскими противопоказаниями к работе на экспертизу профессиональной пригодности;

— выявлять работника с подозрением на наличие профессионального заболевания и установление ему предварительного диагноза острого или хронического профессионального заболевания с дальнейшим направлением его на экспертизу связи заболевания с профессией.

*Проведение экспертизы профессиональной пригодности и экспертизы связи заболевания с профессией:*

— осуществлять сбор жалоб, анамнеза жизни и заболевания у работника (его законного представителя), подлежащего экспертизе профессиональной пригодности;

— осуществлять сбор жалоб, анамнеза жизни и заболевания, профмаршрута, результатов обязательных медицинских осмотров работника, подлежащего экспертизе связи заболевания с профессией;

— интерпретировать и анализировать медицинскую документацию работника (лица, поступающего на работу), подлежащего экспертизе профессиональной пригодности;

— интерпретировать и анализировать медицинскую документацию, санитарно-гигиеническую характеристику условий труда, результатов СОУТ и производственного контроля, других документов работника, подлежащего экспертизе связи заболевания с профессией;

— направлять на обследования в целях проведения экспертизы профессиональной пригодности и экспертизы связи заболевания с профессией;

— формулировать решение в рамках врачебной комиссии по экспертизе профессиональной пригодности (определение соответствия состояния здоровья работника возможности выполнения им отдельных видов работ) и экспертизе связи заболевания с профессией (о наличии/отсутствии причинно-следственной связи заболевания с профессиональной деятельностью) на основании представленных документов, результатов обязательных медицинских осмотров и дополнительных обследований.

Таким образом, мы обозначили основные трудовые компетенции врача-профпатолога, основанные на фундаментальных медицинских знаниях и прикладных умениях и опыте для оказания медицинской помощи трудоспособному населению.

## Литература

1. Анализ значимости основных компетенций, включенных в профессиональный стандарт по специальности «Врач-профпатолог» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdRe3d0hiInaFBHEtexqB7XnjXlndc59eXbQmeABonBLZY3cg/viewform>. — Дата доступа: 24.01.2022.
2. Профессиональный стандарт «Врач-профпатолог». Проект [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://amt-oha.ru/documents/profstandart/profstandart-09102020\(02\).pdf](http://amt-oha.ru/documents/profstandart/profstandart-09102020(02).pdf). — Дата доступа: 20.01.2022.

Поступила 01.09.2022

## СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ПЛЕЧА У ГОРНОРАБОЧИХ

Щетинина А. А., [shchetinina199628@mail.ru](mailto:shchetinina199628@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Профессиональную патологию следует рассматривать как значимую интегральную характеристику здоровья работающих [1]. В структуре профессиональной заболеваемости в Российской Федерации болезни, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем, составляют 20–26 %, а в регионах с развитой горнодобывающей промышленностью (Свердловская, Ростовская, Белгородская области, Кузбасс) превышают 30 % [2].

Среди профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата особое внимание заслуживают поражения плеча, связанные с физическим функциональным перенапряжением. Перечень профессиональных заболеваний включает в себя несколько нозологий, объединенных в группу профессиональных поражений плеча (плечелопаточный периартроз, адгезивный капсулит плеча, синдром сдавления ротатора плеча, тендинопоз длинной головки двуглавой мышцы плеча и другие поражения плеча). Диагностика и экспертиза связи этих заболеваний с профессией представляют собой значительную проблему для профпатологов, что определяет крайне низкую выявляемость данной патологии. Зачастую на медосмотрах патологию суставов диагностируют хирурги, ошибочно трактуя поражения плеча как патологию костно-хрящевых структур, а не периартикулярных мягких тканей [3–5].

На базе клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова» проведено исследование, целью которого было изучение особенностей профессиональных поражений плеча у горнорабочих (подземных проходчиков и горнорабочих очистного забоя (далее — ГРОЗ) Североуральского бокситового рудника). Выбор именно этой профессиональной группы был определен особенностями условий труда, которые детально описаны в санитарно-гигиенических характеристиках условий труда и картах специальной оценки условий труда на рабочем месте данных профессий. На эти профессиональные группы воздействует комплекс вредных и опасных факторов, среди которых одним из ведущих является тяжесть трудового процесса выше предельно допустимого уровня (подъем и перемещение тяжести при чередовании с другой работой, статическая нагрузка с участием мышц корпуса и ног, рабочая поза). При бурении пластов полезных ископаемых перфораторами ПП-63В, ПТ-48 и отбойным молотком зачастую происходит удержание прибора массой 29–48 кг на весу. При создании выработок (работы по возведению постоянной и временной кровли, установка стоек) имеет место удержание верхних конечностей с подъемом выше 90 градусов.

Проведено обследование 103 горнорабочих (55 проходчиков и 48 ГРОЗ). Возраст составлял в среднем  $44,4 \pm 0,42$  года, стаж во вредных условиях труда —  $21,4 \pm 0,41$  год. Условием включения в исследование было отсутствие в анамнезе наследственных заболеваний опорно-двигательного аппарата, бытовых и производственных травм.

В обязательный объем обследования входил неврологический и нейроортопедический осмотр. С учетом анамнестических данных и характерных жалоб части пациентов проведено ультразвуковое исследование плечевых суставов.

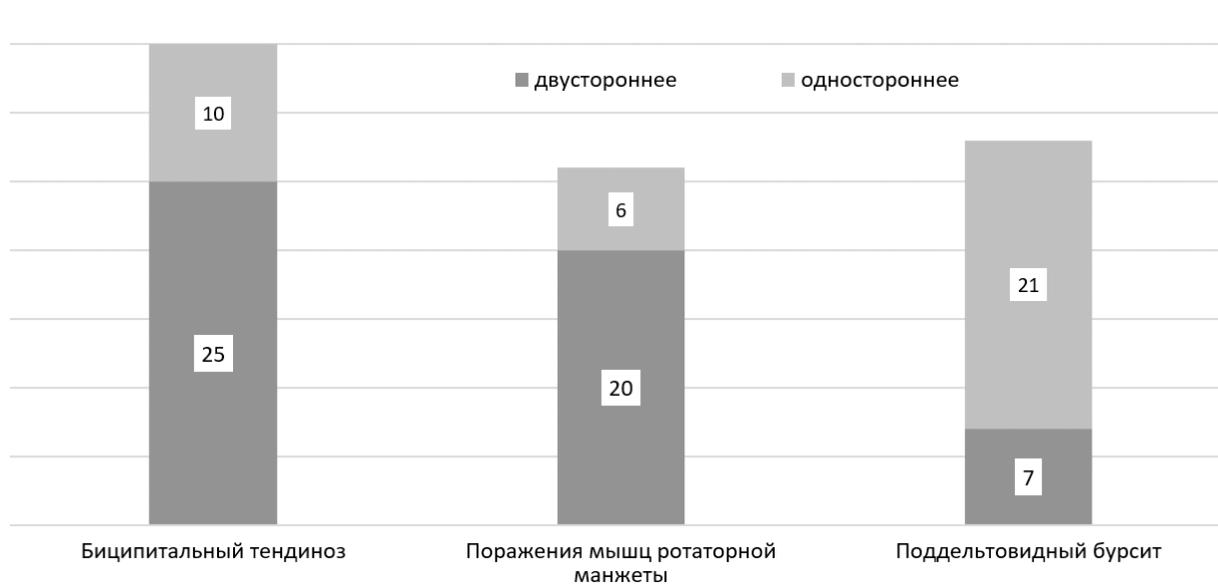
В результате клинического обследования и решения экспертных вопросов у 86 горнорабочих была установлена вибрационная болезнь (далее — ВБ), связанная с воздействием локальной вибра-

ции: у 17 человек — первая степень заболевания; у 68 — вторая степень ВБ. У одного пациента была диагностирована пояснично-крестцовая радикулопатия профессионального генеза, и у одного имело место сочетание ВБ и пояснично-крестцовой радикулопатии профессионального генеза.

При нейроортопедическом клиническом обследовании у 73 горнорабочих были выявлены различные клинические симптомы поражения плеча — асимметрия плечевого пояса, гипотрофия мышц плечевого пояса (чаще всего надостной мышцы рабочей руки), болезненность при пальпации в околоуставной области, пальпаторное определение болезненных мышечных уплотнений — миогелозов, болезненность и ограничение активных и реже — пассивных движений в плечевом суставе, положительные пробы Джоуба, Дауборна, положительные резистивные тесты отведения, наружной и внутренней ротации. Тем не менее клинически у 20 пациентов (около 28 % обследованных) ультразвуковые данные не были подтверждены клинической картиной.

Учитывая выявленную клиническую картину и/или указание на обращаемость по поводу патологии плеча в анамнезе, им было проведено ультразвуковое исследование плечевых суставов. В результате обследования признаки дегенеративно-дистрофических изменений мышц ротаторной манжеты выявлены у 35 обследованных, признаки хронического поддельтовидного бурсита — у 36 больных, тендовагинит сухожилий двуглавой мышцы — у 51 пациента. В большинстве случаев (у 45 пациентов) выявлено сочетанное поражение околоуставных структур, у 26 человек — отмечено изолированное поражение той или иной околоуставной структуры, у 3 обследованных изменений со стороны околоуставных образований не выявлено. У большинства пациентов (54 человека, т. е. около 75 % обследованных) отмечено двустороннее поражение, у 18 лиц имело место поражение одного сустава (чаще — правого).

С учетом данных анамнеза, профессионального маршрута, условий труда, клинических проявлений и данных инструментальных обследований у 51 пациента было установлено профессиональное заболевание — поражения плеча, связанные с физическим функциональным перенапряжением. Частота выявления различных синдромов поражения плеча представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 — Частота диагностики синдромов поражений плеча профессиональной этиологии у обследованных горнорабочих**

Наиболее частым проявлением профессиональных поражений плеча был тендиноз длинной головки двуглавой мышцы плеча, выявленный у 35 обследованных, у большинства из которых (25 человек) имело место двустороннее поражение. Поражения мышц ротаторной манжеты были диагностированы у 26 пациентов и также чаще выявлялось двустороннее поражение (20 человек). Поддельтовидный бурсит имел место у 28 обследованных, и напротив, чаще имело место одностороннее поражение (у 21 человека).

У большинства пациентов патология плеча сочеталась с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, первой степени (8 обследованных) и второй степени (41 обследованных). Лишь в одном случае была диагностирована изолированная профессиональная патология плеча.

Поскольку результаты ультразвуковой диагностики в рамках установления диагноза хронического профессионального заболевания «Поражения плеча, связанные с физическим функциональ-

ным перенапряжением» не всегда совпадали с клинической симптоматикой поражения периартикулярных мягких тканей, нами была проведена ранговая корреляция ультразвуковых изменений с клиническими данными. Для этого ультразвуковой и клинической картине была дана ранговая оценка от 0 до 3, где 0 соответствовало отсутствию признаков поражения периартикулярных структур, 1 — поражение одной структуры, 2 — поражение 2 структур, 3 — поражение 3 структур. Метод корреляционного анализа выявил слабую положительную связь с коэффициентом корреляции  $r=0,42$ .

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости расширения методов диагностики поражения плеча с использованием методик, позволяющих оценить функциональные нарушения, в том числе на ранних этапах формирования патологии плеча. Для решения данной задачи нами начато применение системы тестирования и реабилитации HUMAC NORM, которая используется как для диагностики, так и для реабилитации пациентов со скелетно-мышечными заболеваниями. Система позволяет провести количественную и качественную оценку дефицита опорно-двигательного аппарата, поскольку сила и выносливость мышц, окружающих сустав, являются основой функциональной способности и обратно пропорционально риску развития патологии сустава.

Изокинетическое тестирование плечевого сустава проводится в 3 режимах для определения мышечной силы в группах «концентрики-эксцентрики» и «эксцентрики-концентрики», мышечной и выносливости в группе «концентрики-концентрики». По форме кривой графика оцениваются показатели силы, выносливости и местонахождение проблемных областей, являющихся причиной боли, снижения мышечной силы и механической дисфункции.

Предварительные исследования, проведенные нами в группе больных с профессиональным поражением плеча (7 человек) в сопоставлении с группой пациентов без данной патологии (8 человек), свидетельствовали об относительном снижении как мышечной силы, так и выносливости мышц плечевого пояса.

Таким образом, данная диагностическая методика позволяет объективно оценить функциональное состояние околоуставных структур плечевого сустава, что будет способствовать разработке алгоритма ранней диагностики поражения плеча профессионального генеза.

## Литература

1. Совершенствование механизмов выявления ранних признаков нарушения здоровья для сохранения трудового долголетия / И. В. Бухтияров [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2022. — Т. 62, № 6. — С. 377–387.
2. Халимов, Ю. Профессиональные заболевания, обусловленные функциональным перенапряжением опорно-двигательного аппарата / Ю. Халимов, А. Власенко, Г. Цепкова // Врач. — 2018. — Т. 29, № 3. — С. 3–9.
3. Суворов, В. Г. Особенности поражения параартикулярных тканей плечевого сустава, связанные с физическим функциональным перенапряжением / В. Г. Суворов, Е. Е. Ачкасов // Медицина труда и промышленная экология. — 2018. — № 4. — С. 38–41.
4. Широков, В. А. Боль в плече: проблемы диагностики и лечения / В. А. Широков // Эффективная фармакотерапия. — 2016. — № 35. — С. 38–46.
5. House, J. Evaluation and management of shoulder pain in primary care clinics / J. House, A. Mooradian // South Med. J. — 2010. — Vol. 103, № 11. — P. 1129–35.

Поступила 19.09.2022

## Раздел 3

# МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ

---

### ULTRASOUND EXAMINATION METHOD IN EARLY DIAGNOSIS OF THE OCCUPATIONAL UPPER EXTREMITIES VESSELS PATHOLOGY IN POWER ENGINEERING WORKERS

*Ulanovskaya E. V., Candidate of Medical Sciences, e.ulanovskaya@s-znc.ru*

North-West Public Health Research Center Federal Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, St. Petersburg, Russia

Saving the health of the working population is a priority area of State policy.

The aim of the work is to develop criteria for early diagnosis of occupational pathology of the upper extremities vessels.

The main group consisted of 126 people (women – 13, men – 113) of one of the large modern machine-building enterprises of St. Petersburg were examined. Data on the state of patients health were obtained during an in-depth clinical and instrumental examination on the basis North-Western Public Health Research Center in February 2021. The study was performed according to the Order 302n of Ministry of Health and Social Development, thus there were no limitations of the study and exclusion conditions.

Data of a special assessment of working conditions conducted at the workplace of the enterprise in 2017–2019 we used to describe the working conditions according to the severity of labor process (heavy physical work), local vibration and general vibration, which determine the increased risk to health and may cause peripheral vascular disorders.

An examination by specialist doctors was carried out, standard laboratory tests, X-ray examination of the hands, triplex ultrasound scanning of the main vessels of the upper extremities were performed.

Radiography of hands was performed on a radiographic device UNISCAN (PULMOSCAN-760U) in an anterior-posterior projection. Ultrasound scanning of the upper extremities arteries (shoulder, elbow and radial) was carried out on an expert class medical device Medison HS50-rus with a linear sensor at an operating frequency of 5–15 MHz, at a depth of 1.5–2.0 cm according to the developed methodology. The velocity and spectral parameters of vascular blood flow were measured: systolic blood flow rate and resistance index. The presence or absence of stenoses, occlusions, and aneurysms were evaluated.

As a control group to study the vascular bed of the upper extremities main arteries, 237 practically healthy volunteers in occupations without physical exertion or with moderate physical exertion, whose working conditions were assessed as optimal, were normally examined. The distribution by gender and age was similar with the main group.

Statistical processing of the research results was carried out on IBM SPSS Statistics v.22 and Microsoft Excel 2010 software.

The conducted study of power engineering workers showed that the average age of the examined was 48 years, and the average work experience under the influence of occupational hazards was more than 20 years. The main occupations in this manufacture, where hand-arm vibration and heavy physical work were recorded, were boilermakers, metalwork assemblers, metal cutters and choppers. They accounted for 43 % of all surveyed workers. The remaining 57 % of employees in occupations of an electric and gas welder, an overhead crane operator, a hand-cut gas cutter, a polisher, a slinger, a charge maker had excess hygienic standards for noise and the severity of the labor process.

The final class of working conditions at all analyzed workplaces was not lower than 3.1 (harmful working conditions of the 1<sup>st</sup> degree). The most unfavorable working conditions (harmful working conditions of the 3<sup>rd</sup> degree) were observed in a metal cleaner. The leading occupational hazards in almost all workplaces were increased noise levels, the severity of the labor process (heavy physical work) and hand-arm vibration.

An objective examination by a neurologist revealed no pathological changes. Complaints related to the pathology of the upper extremities were presented by patients in 25 % of cases.

The results of laboratory blood tests revealed hypercholesterolemia in 36 % of locksmiths and 23.5 % of electric and gas welders.

According to the results of hands X-ray examination, changes were detected in 83 % of the examined and manifested in the form of periarticular osteopenia (108 patients), cyst-like clearances in the navicular and cephalic bones (47 patients); deforming osteoarthritis of the interphalangeal, metacarpophalangeal, wrist joints and wrist bone joints on both sides in 44 %. Radiological changes were more often determined in occupations of a metalwork fitter (33 %), a boiler maker (14 %), an electric and gas welder (13 %), a polisher (11 %).

Ultrasound examination of the upper extremities main arteries (shoulder, elbow and radial) did not reveal hemodynamic significant stenoses, occlusions and aneurysms, the diameter of the examined arteries was recorded within the normal range. Atherosclerotic plaques, thrombosis along the vessels of the forearms were not detected. There was venous dyscirculation in the veins of the forearm, the failure of the valvular apparatus in 103 people, the initial S-shaped and C-shaped tortuosity of the radial and ulnar arteries was greater in the distal third in 96 people.

Comparative analysis of blood flow parameters in women and men showed no statistically significant differences ( $p > 0.05$ ), and therefore further analysis was carried out without standardization of workers by gender. Statistically significant differences were found between the values of the resistance index for all the analyzed arteries and the norm values on both the right and left arm ( $p < 0.001$ ). There were no statistically significant differences between the systolic blood flow rate in the examined arteries ( $p > 0.05$ ).

Further analysis in occupations with heavy physical work and hand-arm vibration (boilermaker, metalwork assembler, chopper, metal cutter) and occupations with heavy physical work and noise (electric and gas welder, overhead crane operator, manual welding gas cutter, polisher, slinger, charge) showed no statistically significant differences in speed blood flow and resistance index in the examined arteries ( $p > 0.05$ ).

As is known from the literature, peripheral angiodystonic syndrome can develop due to physical overstrain and (or) exposure to vibration and manifest as angiospasm. According to the results of ultrasound examinations of the main arteries of the upper extremities in patients with a previously established occupational diseases, it was revealed that the first stage of vibration disease is characterized by changes in the form of a decrease in systolic blood flow rate along the elbow artery and a moderate increase in resistance index in the radial and elbow arteries symmetrically on both upper extremities. With physical overstrain of the upper extremities an increase in resistance index, an increase in systolic blood flow rate along the ulnar artery were noted, but no changes were detected along the radial artery [Kuprina N. I., Malkova N. Yu., Kochetova O. A., Ulanovskaya E. V. Method of differential diagnosis of peripheral angiodystonic syndrome of the upper extremities of occupational etiology. 2721886 Russ. Federation: IPC51 A 61 At 8/06 A 61 At 8/00; No. 2020104317].

The results of ultrasound examination of shoulder, elbow and radial arteries presented in power engineering workers differ from those described above in that systolic blood flow rate is preserved, while the resistance index is increased. These changes speak in favor of vascular tone disorders in the form of spastic changes preceding peripheral angiodystonic syndrome [Konchalovsky N. M. Cardiovascular system under the action of professional factors: monograph. M.: Medicine; 1976: 256].

Thus, the results of the ultrasound examination of the main vessels of the upper extremities in power engineering workers showed the presence of spastic vascular changes, which, with further exposure to harmful production factors, develop into an angiodystonic syndrome accompanying vibration disease or polyneuropathy from physical overstrain.

The most informative method of early diagnosis of vascular changes in the main arteries of the upper extremities is ultrasound. An increase in the resistance index with the preservation of systolic blood flow rate is recorded in 100 % of cases, a violation of venous outflow in 82 %, pathological vascular tortuosity in 76 %.

Поступила 05.09.2022

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ COVID-19 СРЕДИ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

*Аманбекова А. У., д.м.н., профессор, amanbekova@mail.ru,  
Отарбаева М.Б., д.м.н., ассоциированный профессор, m\_otarbaeva@mail.ru,  
Гребенева О.В., д.м.н., ассоциированный профессор, ol\_grebeneva@bk.ru,  
Шадетова А.Ж., к.б.н., alma7722@mail.ru,  
Акынжанова С.А., к.м.н., akynzanova@mail.ru,  
Алексеев А.В., alekseev@qtmu.kz,  
Русяев М.В., rusyaev@kgtmu.kz*

Институт общественного здравоохранения и профессионального здоровья Некоммерческого акционерного общества «Медицинский университет Караганды», г. Караганда, Республика Казахстан

В настоящее время вопросы сохранения профессионального здоровья медицинских работников приобрели особую значимость. В контексте эпидемии коронавирусной инфекции важное место занимает медицинский персонал как один из главных ресурсов в решении стратегических задач государственной политики страны в сфере здравоохранения. По данным Главного государственного санитарного врача, в Казахстане в 2020 г. среди заболевших коронавирусной инфекцией медицинские работники составляли 11,5 % от общего числа.

Одной из целей научно-технической программы (далее — НТП) «Научно-техническое обоснование системы реагирования на распространение новых респираторных инфекций, включая коронавирусную инфекцию» (2021–2022 гг.) была оценка потенциальных факторов риска распространения коронавирусной инфекции COVID-19 среди работников здравоохранения.

Для реализации НТП проведен анализ стационарных карт более 1500 случаев заболевания COVID-19 (лабораторно подтвержденных) по Карагандинской области, среди которых медицинские работники составили 15,3 %.

Среди медицинских работников 85,6 % составили женщины, 14,4 % — мужчины. Квалификационный состав представлен: врачами — 30 %, средним медицинским персоналом — 27,8 %, младшим медицинским персоналом — 8,9 % и административно-управленческим персоналом — 2,5 %. По возрастной градации среди медицинских работников лица в возрасте 20–29 лет составили 24,1 %, 30–39 лет — 15,2 %, 40–49 лет — 25,3 %, 50–59 лет — 27,4 %, 60 лет и старше — 8 %.

У 46,4 % пациентов данной группы была выявлена «пневмония» различной степени тяжести. В анамнезе жизни отмечались заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистой и эндокринных систем, органов пищеварения. Перенесенные болезни органов дыхания (бронхит, бронхиальная астма, пневмония) — 9,6 %, сердечно-сосудистые заболевания были выявлены у 11,8 %, на учете у эндокринолога с диагнозом «сахарный диабет» — 3,3 % больных, с заболеваниями щитовидной железы — 3,3 %. С заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта наблюдались по месту жительства 10,1 %, с болезнями мочевыделительной системы — 5,4 %, с онкологической патологией — 2,1 %, с заболеваниями крови (анемия) — 0,8 %, перенесенный туберкулез — 0,4 %.

Установлено, что треть медперсонала ( $28,6 \pm 5,4\%$ ) считает, что инфицирование произошло на рабочем месте, при контакте с больным COVID-19, на вероятность инфицирования больным на работе указали  $20,0 \pm 4,8\%$ , о возможном контакте с больным вне работы сообщают  $10,0 \pm 3,6\%$  медицинских работников.

Полный набор средств индивидуальной защиты (далее — СИЗ) (костюм, фартук, экран, маски, перчатки) использовали 42,8 % медицинского персонала, 57,2 % медработников не использовали полный комплект СИЗ, аварийные (форс-мажорные) обстоятельства отмечали 4,7 % анкетированных.

Таким образом, среди медицинских работников больных COVID-19 установлена высокая доля заболевания пневмонией, 64,5 % пациентов имеют сопутствующую патологию различных органов и систем. Треть медперсонала четко связывает заболевание с контактом на рабочем месте с пациентами, больными COVID-19, четверть указывает на вероятность инфицирования на работе. Оценка соблюдения противоэпидемических мероприятий на рабочем месте выявила недостаточность обеспечения медработников необходимым набором СИЗ (57,2 %) и соблюдения санитарно-эпидемиологического режима в рабочее время, что рассматривается как фактор риска инфицирования.

Поступила 28.09.2022

## АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Бачинский О.Н., к.м.н., [bondoctor@yandex.ru](mailto:bondoctor@yandex.ru),

<sup>2</sup>Лукашов А.А., к.м.н., доцент, [lukashovaa@kursksmu.net](mailto:lukashovaa@kursksmu.net)

<sup>1</sup>Областное бюджетное учреждение здравоохранения «Курская городская больница № 6», г. Курск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Россия

Значительный удельный вес обструктивной бронхолегочной патологии в общей структуре профессиональных болезней, тенденция к росту заболеваемости и инвалидизации, в частности, среди лиц трудоспособного возраста, определяют актуальность изучения особенностей развития и течения профессиональной хронической обструктивной болезни легких. Целью исследования послужило определение особенностей формирования и клинического течения профессиональной хронической обструктивной болезни легких (далее — ПХОБЛ) среди жителей Курского региона.

Было обследовано 165 пациентов с ПХОБЛ, проходивших обследование и лечение в Курском областном Центре профпатологии ОБУЗ «Курская городская больница № 6» (далее — Центр профпатологии) (средний возраст  $61,05 \pm 7,37$  года), проживающих в г. Курске и г. Железногорске. Проведено анкетирование больных, анализ данных стационарного обследования дополнялся изучением медицинской и санитарно-гигиенической документации. Верификация диагноза профессионального заболевания в среднем происходила в 48,1 года, из которых последние 22,3 года — пылевой стаж, работа в контакте с производственным аэрозолем. Обращает на себя внимание, что появление первых признаков заболевания наблюдалось в среднем через 15,9 года от начала пылевой экспозиции, т.е. на 6–7 лет раньше установления диагноза и прекращения контакта с пылью. Клиническая картина ПХОБЛ характеризовалась наличием кашля и одышки. Около 52 % пациентов наряду с постоянной одышкой отметили периодические приступы удушья. Кашель в большинстве случаев был с небольшим количеством трудноотделяемой мокроты, примерно у 30 % больных — сухой, отмечался больными как первый симптом заболевания. Характеризовался умеренной выраженностью, наблюдался преимущественно в течение всего дня у  $61,82 \pm 3,78$  % респондентов. Персистирующая одышка 1-й, 2-й и 3-й степени по шкале Medical Research Council Dyspnea Scale (MRC) встречалась в  $32,73 \pm 3,65$  %,  $50,91 \pm 3,89$  % и  $16,36 \pm 2,88$  % случаев соответственно, нулевая (отсутствие симптома) и четвертая степени (выраженная одышка в покое) не регистрировались. Выраженность бронхообструктивного синдрома по данным спирометрии была следующей: у 49,69 % пациентов наблюдалась умеренная бронхиальная обструкция ( $50\% \leq$  объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (далее — ОФВ1)  $< 80\%$ ), у 36,81 % лиц характеризовались выраженным ограничением скорости воздушного потока ( $30\% \leq$  ОФВ1  $< 50\%$ ), у 1 человека — крайне тяжелой формой нарушения проходимости бронхов (ОФВ1  $< 30\%$ ). В среднем значение ОФВ1 во всей группе больных было на уровне 56,91 % от должных величин. При ПХОБЛ развитие бронхиальной обструкции происходило неравномерно и в большей степени было обусловлено нарушением проходимости мелких бронхов. Значение показателя MEF75 %, отражающего тонус небольших воздухоносных путей, было 55,4 % от нормальных значений, что соответствовало снижению ОФВ1, в то время как индекс MEF25 %, демонстрирующий функциональное состояние крупных бронхов, был в пределах функциональной нормы 80–100 % от должных величин. У 62 пациентов (37,58 %) диагностировано хроническое легочное сердце (далее — ХЛС) с недостаточностью кровообращения различных функциональных классов. У такого же числа больных выявлена легочная гипертензия (далее — ЛГ) — основной причинный фактор развития правожелудочковой недостаточности и утяжеления состояния пациентов. Обращает на себя внимание, что в большинстве случаев развитие сердечно-сосудистой патологии было результатом прогрессирования профессионального респираторного заболевания, отмечающееся даже после прекращения работы во вредных условиях труда. В то же время у 25 человек (15,15 %) ХЛС и (или) ЛГ были верифицированы уже при первичном обследовании в Центре профпатологии, что свидетельствует о позднем выявлении профессиональных заболеваний, на стадии умеренных и выраженных функциональных расстройств — дефекте в работе по организации и проведению медицинских профилактических осмотров.

Таким образом, в большинстве случаев формирование ХОБЛ профессиональной этиологии происходит в возрасте 40–50 лет и относится к стажу во вредных по пыли условиях труда 15–20 лет.

Первые признаки заболевания чаще всего связаны с появлением сухого или малопродуктивного кашля, что соответствует развитию ирритативной бронхопатии — обратимого патологического состояния. В большинстве случаев ранние клинические признаки профессионального воздействия на дыхательную систему остаются незамеченными при проведении медицинских осмотров работающих, что в дальнейшем при продолжающейся пылевой нагрузке способствует формированию ПХОБЛ. Клиническое течение заболевания связано с формированием бронхообструктивного синдрома, наиболее выраженного со стороны мелких бронхов. Неоднородность пылевого фактора и присутствие в составе производственного аэрозоля веществ с токсическими и сенсибилизирующими свойствами может определять некоторую вариативность клинико-инструментальных проявлений болезни по сравнению с непрофессиональной ХОБЛ. Клиническое течение ПХОБЛ часто ассоциировано с нарушениями микроциркуляции в малом круге кровообращения и формированием ЛГ и ХЛС. Частая встречаемость данных нарушений при профессиональной патологии связана как с склонностью к прогрессированию ПХОБЛ, так и с поздним выявлением заболевания, с развитием структурных изменений в дыхательной и сердечно-сосудистой системе, связанной с ней функционально.

Поступила 25.08.2022

## ПРОБЛЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Бачинский О. Н., к. м. н., [bondoctor@yandex.ru](mailto:bondoctor@yandex.ru),

<sup>2</sup>Лукашов А. А., к. м. н., доцент, [lukashovaa@kursksmu.net](mailto:lukashovaa@kursksmu.net)

<sup>1</sup>Областное бюджетное учреждение здравоохранения «Курская городская больница № 6», г. Курск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Курск, Россия

В общей структуре профессиональной патологии пылевые болезни легких — одна из основных причин снижения работоспособности, инвалидизации и преждевременной смертности в трудоспособном возрасте. Исходя из актуальности рассматриваемой проблемы, целью исследования послужила оценка распространенности, структуры и особенностей клинического течения профессиональной бронхолегочной патологии в Курской области.

По данным за 2003–2020 гг., в Курском областном Центре профпатологии ОБУЗ «Курская городская больница № 6» (далее — Центр профпатологии) наблюдалось 353 человека с профессиональными заболеваниями органов дыхания, проживающих в г. Курске и Курской области, из них 184 мужчины (52,1 %) и 169 женщин (47,9 %). Средний возраст составил  $62,43 \pm 0,48$  лет. Возрастная структура выглядела следующим образом: 132 человека молодого и среднего возраста (37,4 %), в том числе 4 пациента — до 40 лет, 221 больной — люди старших возрастных групп: 191 пожилой больной (60–74 года — 54,1 %), 30 — старческого возраста (старше 74 лет) — 8,5 %. Наиболее распространенной профессиональной патологией бронхолегочной системы была хроническая обструктивная болезнь легких (далее — ХОБЛ) пылевого, токсического и смешанного генеза, которая наблюдалась у 333 пациентов (94,3 %). У 212 больных (60,1 % от всех пациентов) данный диагноз был единственным проявлением вредного профессионального воздействия на респираторный тракт. У 121 пациента (34,2 %) имела место сочетанная профессиональная легочная патология: у 43 больных (12,2 %) наблюдалось сочетание профессиональной ХОБЛ с интерстициальной патологией легких (пневмокониозы (далее — ПН) — силикоз, антракоз, смешанные формы; силикотуберкулез), у 74 человек (21 %) ХОБЛ была ассоциирована с аллергической патологией дыхательной системы (ХОБЛ + профессиональная бронхиальная астма (далее — ПБА), ХОБЛ + альвеолит). Один пациент имел сочетание ХОБЛ, ПБА и пневмокониоза. У 20 больных (5,7 %), не имеющих ХОБЛ, нозологическое распределение выглядело следующим образом: 14 пациентов (3,91 %) — с ПН, 2 человека — с альвеолитом, 3 — с ПБА, 1 — с ПН+ПБА. Таким образом, общероссийская тенденция по уменьшению заболеваемости пневмокониозами и росту числа больных профессиональными бронхообструктивными заболеваниями нашла свое отражение и в ситуации на территории Курского региона, где пылевая и токсико-пылевая бронхопатии являются безоговорочными лидерами среди профессиональных болезней дыхательной

системы. Среди больных с профпатологией легких 187 человек (52,97 %) постоянно проживали в г. Курске. Наиболее часто на рабочих местах встречалась экспозиция смешанной пыли, содержащей в своем составе умеренно-агрессивные аэрозоли, фиброгенную пыль, токсические и раздражающие вещества, что способствовало формированию комбинированной бронхолегочной патологии, нередко с аллергическим компонентом. 93 человека (26,35 %) постоянно проживали в г. Железногорске. Формированию болезни практически у всех из них послужила работа на Михайловском горно-обогатительном комбинате. Среди нозологий наиболее часто встречающихся среди железнгорцев можно отметить ХОБЛ, ПН и их сочетание, профессиональные аллергозы отмечались реже, чем у профессиональных больных г. Курска. В группе обследуемых, проживающих в сельской местности (73 человека — 20,68 %), причиной заболевания послужила работа во вредных по пыли условиях труда на текстильных комбинатах, предприятиях перерабатывающей, легкой, пищевой промышленности и в сельском хозяйстве. Среди профессий, способствующих развитию пылевой профпатологии у сельских жителей, наибольший удельный вес имела профессия сварщика. Необходимо отметить комбинированный характер производственного аэрозоля, воздействующего на больных из этой группы: растительная, мучная пыль, вещества-сенсибилизаторы, аммиак, сварочный аэрозоль, пестициды, земляная пыль, выхлопные газы сельхозтехники и т.д., что способствовало частому развитию токсического бронхита и профессиональной аллергической патологии легких — ПБА и альвеолит. ПН встречался значительно реже, чем у жителей городов Курск и Железногорск. В пяти случаях профзаболевания дыхательной системы были выявлены у медицинских работников (два врача, две медицинские сестры и фармацевт; без учета профессионального туберкулеза легких). У всех лиц диагностировалось сочетание ХОБЛ и ПБА, развитию патологии способствовало наличие на рабочих местах токсических веществ и аллергенов. Анализируя выраженность синдрома дыхательной недостаточности (далее — ДН), удалось выявить следующие закономерности. Только 35 пациентов (9,9 %) имели 1-ю степень ДН, умеренные и выраженные функциональные расстройства дыхательной системы наблюдались более чем у 90 % пациентов: 264 профбольных (74,8 %) характеризовались ДН 2-й степени, 54 человека (15,3 %) — ДН 3-й. При первичном выявлении профессионального заболевания в исследуемой группе 17 человек имели начальные признаки заболевания без развития функциональных расстройств — ДН 0-й степени, 167 больным была диагностирована ДН 1-й, также у 167 пациентов была выявлена ДН 2-й, у 2 больных — ДН 3-й. Таким образом, наряду с прогрессирующим дыхательных нарушений можно отметить недостаточно раннее выявление профессиональных заболеваний легких — почти 47 % лиц, направленных на первичное обследование в Центры профпатологии, уже имели ДН 2-й и 3-й степени.

Поступила 25.08.2022

## АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ

*Бояринова Н.В., boyarinoff@mail.ru,  
Ваганова Д.М., kon-pol-otd@mail.ru,  
Миронова Г.Р., gulnara3083@gmail.com,  
Гирфанова Л.В., girfanova.mila@mail.ru,  
Мадьярова Л.Р., madyarova.lilya@bk.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Артериальная гипертензия (далее — АГ) является самым распространенным кардиологическим заболеванием.

Были обследованы медицинские работники — сотрудники ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», страдающие АГ. В исследование включено 96 человек, из них врачей 29 человек (30,2 %), 41 человек (42,7 %) — медицинские сестры, 26 человек (27,0 %) — младший медицинский персонал, все лица женского пола. Сотрудникам проводились антропометрические измерения: рост, вес, окружность талии, а также был предложен опросник Мориски — Грина, включающий вопросы, позволяющие изучить факторы приверженности к лечению и связанные с пациентом демографические сведения (пол, возраст), социально-экономические данные (семейное положение, уровень образования), наличие факторов риска болезней системы кровообращения (далее — БСК) (курение, употребление алкоголя, уровень физической активности).

Известно, что одним из самых сильных факторов, влияющих на формирование БСК, является возраст. При анализе возрастного состава установлено, что в целом средний возраст сотрудников, имеющих артериальную гипертензию, составляет 59,1 года. Распределение по возрасту показало, что большинство обследованных (50%) — лица в возрастном интервале от 60 до 69 лет, еще 40% — в возрасте 50–59 лет, 10% — 40–49 лет. Средний стаж работы у врачей — 27,2 года, средних медицинских работников — 29,8 года, младшего медицинского персонала — 17,0 лет. Артериальной гипертензией пациенты в возрасте 40–49 лет страдают 2–5 лет, в возрасте 50–59 лет — 6–9 лет, в возрасте 60–69 лет — 10 лет и более.

Абдоминальное ожирение в группе врачей — 89,6%, медицинских сестер — 41,5%, младшего медперсонала — 69,2%. У 40% сотрудников групп «врачи» и «медицинские сестры» выявлена низкая физическая активность, у 60% средняя физическая активность, у 10% из группы младшего медицинского персонала выявлена низкая и высокая физическая активность, у 80% — средняя физическая активность. По данным анкетирования выявлена следующая приверженность к лечению: в группе врачей хорошая приверженность к лечению у 40%, недостаточная приверженность — у 40%, низкая приверженность — у 20%, что соответствует литературным данным. В группе медицинских сестер хорошая приверженность к лечению у 50%, недостаточная приверженность — у 10%, плохая приверженность — у 40%, в группе младшего медперсонала хорошая приверженность к лечению у 40%, недостаточная приверженность — у 20%, плохая приверженность — у 40% обследованных.

В нашем исследовании низкий уровень медицинской осведомленности был выявлен у пациентов группы младшего медперсонала (50,0%), 80,5% — уровень осведомленности в группе медицинских сестер и 100% осведомленность в группе врачей. В нашем исследовании низкая приверженность ассоциировалась с аспектами поведения, связанными с психологическими факторами, во всех группах; недостаточной информированностью о своем заболевании — в группе младшего медицинского персонала. Несмотря на осведомленность о своем заболевании, медицинские работники, в том числе врачи, некритически относятся к своему здоровью, недооценивают важность постоянного приема препаратов, невнимательно относятся к лечению и смене образа жизни (на фоне недостаточной физической активности высокий процент абдоминального ожирения). Пациентам с низкой приверженностью к лечению рекомендовано обучение в «Школе для пациентов с артериальной гипертензией», всем группам пациентов рекомендована гипокалорийная диета и расширение двигательного режима, консультация кардиолога для подбора антигипертензивной терапии.

Длительное лечение (неопределенно долго) АГ у пациентов, особенно с низкой приверженностью, требует поддержки, обучения и постоянного наблюдения. Приверженность к лечению зависит не только от лечащего врача, который должен проводить информационно-просветительскую работу для формирования теоретических представлений о пользе лечебно-профилактических мероприятий и модификации образа жизни, но и от самого пациента (самоконтроль АД, посещение школы для пациентов, участие семьи). Артериальная гипертензия у медицинских работников обусловлена факторами риска (абдоминальное ожирение, возраст, малоподвижный образ жизни, биологический и социальный десинхроноз), связанными с профессиональной деятельностью, и требует регулярного и адекватного приема препаратов. Проблема недостаточной приверженности медработников к лечению требует дальнейшего изучения и комплексного подхода к ее решению.

Поступила 29.08.2022

## **ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ И СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА-ПРОФПАТОЛОГА**

*Булгакова М.В., bulgakova@irioh.ru,  
Непершина О.П.,  
Николаев С.П.,  
Хахилева О.О.*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Применение современных информационных, телемедицинских технологий за наблюдением работников промышленных предприятий представляет собой мощный инструмент. Он позволяет

выявлять ранние признаки профессиональных заболеваний и факторы риска их развития. Эти данные позволяют принимать правильные управленческие решения, направленные на снижение потерь работников предприятий трудоспособного возраста. В развитых странах получили широкое распространение методы профилактики в виде дистанционных телемедицинских технологий, которые значительно сокращают время обследования работника, материальные затраты, структурируют и упрощают систему ранней диагностики и профилактики заболеваний.

Мероприятия по разработке системы поддержки принятия решений (далее — СППР) врачом-профпатологом были выполнены в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова» в рамках большого проекта Фонда поддержки проектов Национальной технологической инициативы: «Внедрение продуктов и услуг для дистанционного консультирования и наблюдения пациентов с отдельными хроническими неинфекционными заболеваниями» по направлению: «Разработка медицинских услуг по консультированию и наблюдению работников с профессиональными заболеваниями и риском их развития с применением телемедицинских технологий».

До настоящего времени в Российской Федерации не существовало зарегистрированных в установленном порядке информационных систем поддержки принятия решений, ориентированных на наблюдение с использованием дистанционных технологий предприятий и производств, в технологическом процессе которых имеются факторы вредности.

В рамках создания СППР, применяемой при дистанционном наблюдении за лицами, занятыми на работах с вредными производственными факторами, разработан перечень данных, включающий как показатели уровня и эффекта воздействия вредных производственных факторов, так и показатели состояния здоровья работника, являющиеся ключевыми для анализа и необходимыми для определения значимых событий. Проведен анализ нормативных документов, научных статей и диссертаций, методических рекомендаций по диагностике и лечению профессиональных и хронических заболеваний, методик оценки условий труда, ГОСТов, СанПиНов, анализ данных оборудования по оценке состояния условий труда и анализ данных медицинского оборудования.

На основе проанализированной информации в целях динамического наблюдения за состоянием здоровья работников, своевременного выявления ранних признаков профессиональных заболеваний (далее — ПЗ), формирования групп риска по их развитию, проведения профилактических и реабилитационных мероприятий были разработаны методики наблюдения за лицами, занятыми на работах с вредными производственными факторами, страдающих профессиональными заболеваниями (нейросенсорной тугоухостью и вибрационной болезнью) или имеющих высокий риск их развития. При прохождении стажированным работником периодического медицинского осмотра в Центре профпатологии (обязательно раз в 5 лет) и выявлении у него ранних признаков профессионального заболевания или установления диагноза профессионального заболевания ему будет рекомендовано участие в программе дистанционного мониторинга. Работнику будет создан личный кабинет, в который медицинская организация, где он в дальнейшем будет проходить медицинские осмотры, будет вносить данные о состоянии здоровья, а работодатель — об условиях труда. Данные автоматически будут передаваться в центр дистанционного мониторинга, где врач-профпатолог, используя подсказки СППР, проанализировав всю информацию, будет давать рекомендации по снижению риска развития ПЗ. Это может быть как медикаментозная терапия, так и рекомендации по улучшению условий труда, направления на санаторно-курортное лечение и т. д. После профилактических мероприятий обязательно направление работника на внеочередной осмотр. Периодичность мониторинга зависит от степени риска — сигнала «светофора» СППР (красный цвет — это высокий риск, желтый — средний, зеленый — низкий).

На пилотном предприятии была сформирована группа наблюдения за работниками, имеющими контакт с вредными производственными факторами. При проведении периодических медицинских осмотров работников, вошедших в группу наблюдения, медицинские работники выявляли ранние признаки профессиональных заболеваний и заносили все данные в электронную медицинскую карту. После выделения перечня необходимых критериальных параметров, производится оценка по разработанному алгоритму определения работника в группу профессионального риска согласно полученным клиническим результатам. В рамках нашей работы уже создана 551 программа мониторинга риска развития нейросенсорной тугоухости, 477 программ мониторинга риска развития вибрационной болезни от общей вибрации и 31 программа развития вибрационной болезни от локальной вибрации. Кроме медицинских данных были собраны данные о профмаршруте работников, включая общий стаж, и данные об условиях труда работников: вредные факторы (шум, вибрация общая, вибрация локальная), класс условий труда по каждому фактору и уровни воздействия шума и вибрации.

Так, по результатам мониторинга риска развития нейросенсорной тугоухости наибольшая часть обследуемых была определена в зеленую зону «светофора», 9% (53 работника) — в желтую, в красной зоне работников не было. Из обследуемых желтой зоны «светофора» в большинстве были такие профессии, как машинисты экскаватора, машинисты буровой установки, дробильщики, машинисты электровоза. Стоит отметить, что мониторинг проведен только по медицинским (клиническим) данным, а мониторинг условий труда еще находится в разработке у программистов.

Мы продолжаем работу по внедрению в практику расширенных медицинских алгоритмов диагностики и программного обеспечения для системы дистанционного мониторинга с целью выявления у работников ранних признаков профессиональных заболеваний и их последующей профилактики, в дополнение к проводимым периодическим медицинским осмотрам. Нами предложена еще одна программа мониторинга риска развития хронической обструктивной болезни легких. В настоящее время продолжается обследование пациентов с внесением в систему клинических данных, а также данных условий труда работников. Результаты этого этапа будут отражены в наших дальнейших публикациях.

Поступила 12.09.2022

## **УСЛОВИЯ ТРУДА У РАБОТНИКОВ КРУПНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН С УСТАНОВЛЕННЫМ ДИАГНОЗОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ ЗА 2019–2021 ГГ.**

<sup>1</sup>Васильева М. С., *mashavasiljeva98@gmail.com*,

<sup>1,2</sup>Рахимзянов А. Р., к. м. н., доцент, *alfredrr@mail.ru*,

<sup>3</sup>Фаизова Ю. М., *chelnyklinika@mail.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Казань, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский федеральный университет», г. Казань, Россия;

<sup>3</sup>Общество с ограниченной ответственностью Клиника-Санаторий «Набережные Челны», г. Набережные Челны, Россия

По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, удельный вес занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда в 2020 г. снизился по сравнению с 2019 г. на 1,0%-ный пункт и составил 37,3%. Несмотря на снижение показателя, уровень профессиональной заболеваемости (далее — ПЗ) во вредных и (или) опасных условиях труда остается стабильным.

Цель — изучение условий труда работников с установленным диагнозом профессионального заболевания на крупном машиностроительном предприятии за период 2019–2021 гг.

Материалами исследования послужили санитарно-гигиенические характеристики условий труда (далее — СГХ), карты учета профессионального заболевания (далее — КУПЗ) (отравления); используемые методы — анализ и синтез данных СГХ, КУПЗ (отравления) за 2019, 2020, 2021 гг.

Анализ СГХ, КУПЗ (отравления) показывает, что большей частью в 2019, 2020 гг. работники крупного машиностроительного предприятия трудились в условиях, соответствующих вредному классу 3.1 по действующим химическим и физическим факторам, в 2021 г. условия труда ухудшились до 3.2 по воздействию на работников физического фактора.

Следует отметить, что за три предшествующих года доля ПЗ, этиологией которых является физический фактор, выше, чем химический фактор. Преимущественно работники, находящиеся под влиянием физического фактора, подвергаются воздействию производственного шума и локальной вибрации, превышающей ПДУ. В динамике наибольшая доля вредного физического фактора — производственный шум (2019 г. — 64%, 2020 г. — 50%, 2021 г. — 44%), с тенденцией к снижению за данный период. За три года среднее превышение производственного шума составляет 8,47 дБА. На втором месте доля вредного физического фактора — локальная вибрация (2019 г. — 26%, 2020 г. — 17%, 2021 г. — 44%) с тенденцией к увеличению за последний год. За анализируемый период происходит среднее превышение нормативов по локальной вибрации на 4,73 дБ, при этом средние

значения за каждый год уменьшаются (2019 г. — на 4,9 дБ, 2020 г. — на 4,74 дБ, 2021 г. — на 4,55 дБ). Анализ тяжести трудового процесса показывает уменьшение доли лиц, занятых на работах на вредных условиях труда по физическим перегрузкам за последний год (2019 г. — 10 %, 2020 г. — 27 %, 2021 г. — 11 %). За данный период по показателю «суммарная масса за каждый час смены с рабочей поверхности» отмечается превышение на 330 кг, по параметру «количество наклонов корпуса» на 28,67, по «проценту рабочей позы стоя от времени смены» на 30,1 %. Химический фактор представлен на производстве аэрозолями смешанного состава с различным воздействием на организм, значение которых превышает ПДК в среднем в 2,54 раза. За анализируемый период в связи с увеличением концентрации веществ, обладающих токсическим (формальдегид) и фиброгенным (кремний диоксид) действием, наблюдается рост заболеваемости органов дыхания.

Превышение гигиенических нормативов на рабочих местах производственного шума, локальной вибрации приводит к развитию следующих профессиональных заболеваний: профессиональная нейросенсорная тугоухость (в среднем за 2019–2021 гг. — 36 %), вибрационная болезнь (в среднем за 2019–2021 гг. — 18 %). За три анализируемых года наиболее часто вредные и (или) опасные условия труда встречаются на литейном заводе машиностроительного производства (83 % от структуры производства крупного машиностроительного завода) в профессиях «слесарь-ремонтник» — 18 % и «обрубщик» — 19 %.

Таким образом, на крупном машиностроительном предприятии за 2019–2021 гг. работники в основном трудились во вредных условиях труда, соответствующих классу 3.1 по действующему химическому фактору. Химический фактор представлен в основном аэрозолями токсического (формальдегид) и фиброгенного (кремний диоксид) действия, в связи с этим происходит рост заболеваемости органов дыхания. По действию на трудящихся локальной вибрации и производственного шума условия труда относились к вредным (в 2019, 2020 гг. класс условий труда — 3.1, в 2021 г. — 3.2).

Поступила 26.08.2022

## ПРОЯВЛЕНИЯ СИМПТОМОВ ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА У РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

<sup>1</sup>Глухов Д.В., д.м.н., [d.gluhov@irioh.ru](mailto:d.gluhov@irioh.ru),

<sup>1</sup>Герасимиди С.К., [аспирант, gerasimidi.sk@irioh.ru](mailto:gerasimidi.sk@irioh.ru),

<sup>2</sup>Сапрыкина П.Д.

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Частное учреждение здравоохранения «Поликлиника «РЖД-Медицина» поселка Беркамит», п. Беркамит, Россия

Эпидемия коронавирусной инфекции возникла в декабре 2019 г. и продолжается до настоящего времени. Учитывая различные проявления новой коронавирусной инфекции (далее — НКВИ), степени тяжести (легкая, средняя, тяжелая), скорость распространения, влияние на организм, целесообразно исследовать последствия данной инфекции в рамках постковидного синдрома. Для более корректной оценки результатов необходимо работать с группой специалистов, которые для осуществления своей деятельности проходят строгий профессиональный отбор. Нами была взята группа работников локомотивных бригад, деятельность которых связана с безопасностью, повышенной аварийностью, ответственностью за большое количество людей. Ведущей причиной происшествий на железных дорогах являются именно ошибочные действия человека, их доля в общем объеме транспортных происшествий достигает 90 %. Проявление постковидного синдрома отражается на функционировании ССС и ЦНС, которые являются основными функциональными системами у работников любой сферы, в том числе у работников локомотивных бригад.

По данным ОАО «РЖД», в период с 2021 г. по май 2022 г. зарегистрировано 25 442 случая заражения НКВИ среди работников локомотивных бригад. Однако важный интерес представляет сохранение профессиональной надежности после перенесенного заболевания. В литературе [Воробьев, 2021] описан «постковидный синдром», сопровождаемый слабостью, повышенной утомляемостью, депрессией, головокружением, снижением работоспособности, одышкой, апатией, снижением памяти, концентрации внимания, суставной болью, мышечной болью, нестабильным пульсом, артериальным давлением и др.

Труд работников локомотивных бригад характеризуется неритмичным чередованием смен в дневное и ночное время, вынужденным междусменным отдыхом вдали от дома, в ряде случаев сверхурочными работами, повышенной ответственностью за безопасность движения. При работе в маневровом и магистральном движениях большие требования предъявляются к восприятию, вниманию и памяти. Данная работа имеет эмоциональную окраску и должна оцениваться как нервно-эмоционально-напряженная.

В связи с этим высокую актуальность представляет выявление симптомокомплекса постковидного синдрома, его влияния на профессиональную надежность, негативные последствия которой способны привести к экономическим и человеческим потерям.

Цель исследования — выявить проявления симптомов постковидного синдрома у работников локомотивных бригад.

Анонимное анкетирование проведено среди 99 работников ОАО «РЖД» Северо-Западного и Дальневосточного Федерального округа. В опросе участие приняли работники в возрасте от 22 до 61 года мужского пола. Для исследования нами была разработана анкета из 32 вопросов с целью оценки состояния здоровья работников локомотивных бригад после перенесенной НКВИ. Анкета одобрена этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», размещена на сайте.

Проведенное исследование показало, что 30,7 % опрошенных перенесли гриппоподобную форму коронавирусной инфекции среднетяжелого течения в условиях стационара; 23,1 % — гриппоподобную форму инфекции легкого течения в амбулаторных условиях; 23,1 % отметили легкое течение без катаральных явлений; бессимптомное течение отмечено в 7,7 %; часть респондентов отметили другие формы — 15,4 %, такие как суставные, мышечные проявления, диарейный синдром.

После перенесенной коронавирусной инфекции 93,3 % респондентов отметили изменения в образе жизни. 98,9 % опрошенных отмечали такие симптомы, как: снижение работоспособности — 64,3 %, снижение активности — 57,1 %, апатия — 28,5 %, бессонница — 21,4 %, панические атаки — 9 %, депрессия — 8 %, повышенная возбудимость — 9 %, повышенная тревожность — 9 %. Часть работников отметили изменение в цифрах артериального давления — 7,7 %. Снижение когнитивных способностей отметили 21,4 % опрошенных. Стоит отметить, что из всех опрошенных никто не принимал лекарственные препараты после перенесенной НКВИ без назначения врача. К врачу после перенесенной инфекции с жалобами на состояние здоровья обращались 28,5 % опрошенных.

При уточняющих вопросах установлено, что у 35,7 % нарушен сон; 57,1 % опрошенных отметили, что усталость после смены больше, чем до болезни. Нарушение активности выявлено в 92,8 %. При этом способны выполнять работу в том же объеме 52,5 % опрошенных. Части опрошенных (53,8 %) требуется более длительный перерыв в рабочее время, чем до болезни. Также установлено, что у 30,8 % опрошенных появились проблемы со зрением и памятью, а у 46,2 % — проблемы с концентрацией внимания.

Результаты анкетирования показали, что после перенесенной НКВИ у работников локомотивных бригад наблюдается снижение субъективной оценки состояния здоровья. В большинстве случаев отмечены симптомы, способные привести к возможным человеческим и экономическим потерям. Также результаты свидетельствуют о том, что большая часть опрошенных не обращается за консультацией к врачу при имеющихся симптомах. При этом отмечено, что самолечением работники локомотивных бригад не занимаются.

Таким образом, результат опроса показал, что существует необходимость дополнительного консультирования лиц, перенесших НКВИ, для своевременного выявления и лечения постковидного синдрома, профилактики постковидных осложнений, особенно среди работников, деятельность которых связана с обеспечением безопасности движения. А также существует необходимость продолжения исследований постковидных осложнений, расширения образовательного фактора среди населения, систематического информирования об эпидемиологической ситуации, формирования у населения здорового образа жизни.

Поступила 01.09.2022

# КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 И ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА У ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

*Золотухина Е.В., zolotukhina\_eva@mail.ru,  
Паначева Л.А., д.м.н., доцент, lap232@yandex.ru,  
Шпагина Л.А., д.м.н., профессор, mkb-2@yandex.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Новосибирск, Россия

В настоящее время в России и за рубежом продолжается активное изучение клинических особенностей новой коронавирусной инфекции (далее — НКВИ), вызванной SARS-CoV-2, совершенствуются методы лечения различных категорий пациентов. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 31 января 2020 г. № 66, НКВИ, вызванная SARS-CoV-2, включена в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих. Продолжают активно изучаться клинические проявления, механизмы развития и исходы постковидного синдрома (далее — ПКС).

Отсутствие в современной литературе данных об особенностях НКВИ среди пациентов разного профиля определило цель настоящего исследования.

Цель — провести сравнительный анализ клинических проявлений НКВИ COVID-19 у больных с профессиональными заболеваниями (далее — ПЗ) и терапевтической патологией, изучить частоту и клинические проявления ПКС в этих группах.

Проанализирована клиника COVID-19 у 27 человек с ПЗ (группа 1) и 15 — с терапевтическими (группа 2). В группе 1 мужчин было 16 человек, женщин — 11; в группе 2 — 11 и 4 соответственно. Согласно классификации ВОЗ (2021), больные с ПЗ в возрастной группе 45–59 лет составили 33,3%; 60–74 гг. — 55,6%; 75 лет и старше — 11,1%. Стаж работы с профессиональными вредностями варьировал от 23 до 34 лет (в среднем  $28,2 \pm 3,1$ ). В группе сравнения распределение пациентов по возрасту было аналогичным: лиц среднего возраста — 33,3%; пожилого — 53,4% и старческого — 13,3%.

Профессиональные заболевания от воздействия физических факторов (вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость) диагностированы в 51,9% случаев; от воздействия промышленных аэрозолей (пневмокониоз, хронический пылевой необструктивный бронхит, профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких, химическая бронхиальная астма) — в 33,3%; от функционального перенапряжения или комплекса производственных факторов (вегетативно-сенсорная полинейропатия, радикулопатия пояснично-крестцового отдела позвоночника) — в 14,8%.

Наличие длительного курения (более 27 лет) подтверждено всего у 14,8% мужчин с ПЗ.

В группу сравнения включены пациенты с преобладанием коморбидной патологии (цифры приведены с учетом сочетанной патологии): ишемической болезнью сердца, стенокардией напряжения, ФК 2–3, постинфарктным кардиосклерозом (54,7%); сахарным диабетом 2-го типа (19,6%); язвенной болезнью 12-перстной кишки (5,6%). Длительно курящими (также свыше 27 лет) являлись 54,5% мужчин.

Всем пациентам с ПЗ до заболевания COVID-19 проведена вакцинация, а четырем из них (14,8%) — ревакцинация. В группе сравнения охват вакцинацией составил 66,7%, а ревакцинацией — 33,3%.

Среди лиц с ПЗ на момент заболевания COVID-19 у 63,0% пациентов отмечены астенический синдром, у 37,0% — повышение температуры тела до 38,0 °С и сухой кашель, у 18,5% — головная боль и потеря обоняния. Аналогичная клиника наблюдалась у всех пациентов группы сравнения.

У 51,9% больных с ПЗ выявлена клиника простуды; у 29,6% — двусторонняя полисегментарная пневмония средней степени тяжести; остальным 18,5% пациентам диагноз установлен на основании исследования полимеразной цепной реакции. В группе больных, перенесших симптомы простуды, преобладали мужчины и лица пожилого возраста; переболевших пневмонией — женщины также в возрасте 60–74 лет; без клинических проявлений — мужчины среднего возраста.

У всех пациентов группы сравнения отмечены клинические проявления НКВИ с преобладанием двусторонних инфильтративных изменений в легких (60,0%) и реже (40,0%) — симптомы простуды. Среди больных с пневмонией и простудой преобладали мужчины пожилого возраста.

Средняя длительность клинических проявлений НКВИ в группе лиц с ПЗ составила 18,39 дня, в группе сравнения была несколько выше (20,42 дня).

Следует отметить, что у всех пациентов с ПЗ респираторной системы и верифицированным COVID-19, диагностирована вирусно-бактериальная двусторонняя полисегментарная пневмония

(КТ 1–2), потребовавшая их госпитализации в отделение. При выписке из стационара у всех больных с ПЗ дыхательной системы в легких наблюдалась положительная динамика, характеризующаяся «разрешением» инфильтративных изменений.

В группе сравнения вирусно-бактериальная пневмония чаще соответствовала критериям КТ 2–3 (поражение легких до 40–68%), что сопоставлялось со среднетяжелой и тяжелой степенью поражения и более длительным периодом лечения заболевания.

После проведенной терапии, согласно клинических рекомендаций, в среднем в течение 5–9 недель, у 21,7% пациентов с ПЗ сохранялись одышка смешанного характера и астенический синдром, в единичных случаях — сухой кашель и в одном случае у пациента с профессиональной хронической обструктивной болезнью легких впервые возникший через месяц после перенесенного COVID-19 тромбоз вен нижних конечностей.

В группе сравнения инспираторная одышка и выраженная слабость до 8–9 недель наблюдались в 2,2 раза чаще. Кроме того, в одном случае у больной с ГБ спустя 8 недель диагностирована постковидная кардиомиопатия, сопровождаемая синусовой тахикардией и экссудативным перикардитом; в другом (при ГБ), также через 8 недель, — тромбоз подколенной артерии с развитием острой ишемии конечности ПА стадии.

Таким образом, у пациентов с ПЗ превалировала клиника простуды. У всех пациентов с ПЗ легких COVID-19 осложнился вирусно-бактериальной пневмонией, соответствующей стадиям КТ 1–2. В группе сравнения НКВИ чаще осложнялась развитием двусторонней вирусно-бактериальной пневмонии (КТ 2–3) и реже — симптомами простуды.

Наличие связи с перенесенной НКВИ и критериев ПКС, согласно данным литературы, выявленных после нее клинических проявлений в виде тромбоза вен нижних конечностей при ПЗ, а также кардиомиопатии и тромбоза подколенной артерии при соматической патологии расценены как ПКС. Указанное диктует необходимость последующего динамического мониторинга пациентов, перенесших НКВИ, с целью своевременного выявления возможных отдаленных осложнений данной инфекции и проведения грамотных реабилитационных мероприятий.

Поступила 05.09.2022

## **РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОГО СТАЖА РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАЗАХСТАНА С ПОЗИЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**

<sup>1</sup>Исмаилова А. А., д. м. н., профессор, [ismailova.a@amu.kz](mailto:ismailova.a@amu.kz),

<sup>1</sup>Мусина А. А., д. м. н., профессор, [mussina.a@amu.kz](mailto:mussina.a@amu.kz),

<sup>2</sup>Султанбеков З. К., д. м. н., профессор, [sultanbekov.z@mail.ru](mailto:sultanbekov.z@mail.ru),

<sup>1</sup>Сулейменова Р. К., к. м. н., [suleimenova.r@amu.kz](mailto:suleimenova.r@amu.kz)

<sup>1</sup>Некоммерческое акционерное общество «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан, Республика Казахстан;

<sup>2</sup>Учреждение «Амбулаторный центр», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

На промышленных предприятиях Казахстана (угольной, горнорудной, металлургической и др.) за последние годы осуществляется интенсивное внедрение новых технических процессов, мощных и сверхмощных машин, агрегатов и оборудования, что, в свою очередь, выдвигает новые задачи перед гигиенической наукой по разработке эффективных методов, направленных на оздоровление и установление безопасных условий труда рабочих, занятых во вредных условиях производства.

С позиции медицины труда основой оценки профессионального риска являются отечественные принципы и критерии гигиенического нормирования условий труда. Используя методику оценки профессионального риска, можно определить безопасный срок работы при воздействии неблагоприятных факторов труда на производстве. Разумеется, меры профилактики, в том числе защиты временем (режим труда и отдыха, сокращенный рабочий день и дополнительный отпуск), увеличивают безопасный стаж работы.

Поэтому для оценки возможности продолжения работы в неблагоприятных условиях труда необходимо проводить расчет допустимого (безопасного) стажа работы во вредных условиях труда.

С целью эффективного управления риском следует учитывать вероятность наступления эффекта, тяжесть последствий, обратимость эффектов и др.

Объектами исследования явились рабочие угольной (АО «АрселорМиттал Темиртау», АО «Шубарколь комир») горнорудной и металлургической (Донской ГОК АО «ТНК «Казхром» и Жезкентский ГОК ТОО «Корпорация Казахмыс») промышленности Казахстана.

Результаты комплексных гигиенических исследований условий труда рабочих ведущих профессиональных групп, занятых на различных промышленных предприятиях, позволили установить, что показатели сменной пылевой нагрузки варьировались в пределах 499,2 и 552,9 мг/смену, соответственно.

Самые высокие показатели дозной пылевой нагрузки среди трудящихся, выполняющих вспомогательные и ремонтные работы, выявлены у горнорабочих — 670,8 мг/смену. Самые низкие показатели дозной пылевой нагрузки выявлены у слесарей-ремонтников, которые были в 1,4 раза ниже, чем у горнорабочих.

Расчетные данные реальной дозой нагрузки пыли рабочих, занятых на обогатительных фабриках, позволили установить, что самые неблагоприятные пылевые нагрузки испытывали дробильщики, грохотовщики и бункеровщики. Показатели сменной пылевой нагрузки у них варьировались в пределах от 457,3 до 543,3 мг/смену.

У машинистов по управлению технологическими оборудованьями в процессе дробления и обогащения хромовой руды показатели дозой пылевой нагрузки варьировались в пределах от 254,6 до 269,6 мг/смену и были достоверно ниже в среднем от 1,8 до 2 раз по сравнению с рабочими, выполняющими вспомогательные операции.

Сравнительный анализ расчетных данных стажевой пылевой нагрузки позволил установить, что рабочие, проработавшие в течение 1 года на карьере, испытывали воздействие дозных нагрузок пыли, показатели которых варьировались от 16,8 до 23,9 г.

Показатели контрольной пылевой нагрузки с учетом предельно допустимой концентрации и количества проработанных дней в году варьировались в пределах от 10,6 до 14,9 г. Превышение контрольной пылевой нагрузки с данными стажевой нагрузки у рабочих ведущих профессий в среднем составило от 1,12 до 1,62 раза.

С увеличением стажа работы уровни пылевой нагрузки возрастали в среднем до 25% и варьировались в пределах от 351,2 до 492,5 г. Учитывая производственную деятельность рабочих ведущих профессий, занятых открытой добычей хромовой руды, подвергающихся воздействию пыли, концентрации которых превышали ПДК от 0,5 до 1,5 раза, следует отметить, что допустимый стаж работы в среднем составил от 15,3 до 22,2 года.

Результаты математических расчетов пылевой нагрузки позволили установить, что показатели контрольной пылевой нагрузки у рабочих, проработавших не менее 1 года, варьировались в пределах от 7752 до 10 602 мг, которые заметно возрастали к 25 годам до 279 300 мг.

Таким образом, расчет допустимого стажа работы во вредных условиях, где отмечаются высокие уровни запыленности, позволит работодателю своевременно оценить (прогнозировать) возможность продолжения работы в конкретных условиях труда и внедрить профилактические меры по оптимизации труда.

Расчет допустимого стажа работы во вредных условиях, где отмечаются высокие уровни запыленности, позволит работодателю своевременно оценить (прогнозировать) возможность продолжения работы в конкретных условиях труда и внедрить профилактические меры по безопасности труда. В том случае, когда фактические показатели пылевой нагрузки не превышают показателей контрольной пылевой нагрузки, подтверждается возможность продолжения работы в тех же условиях.

Трудящиеся, постоянно работающие на рабочих местах и вновь принятые на конкретное производство, где имеет место превышение вредных химических и физических факторов производственной среды, должны быть ознакомлены с тем, что они работают или будут работать во вредных условиях и это может стать причиной нарушения здоровья.

Работодатель должен пересмотреть внутрисменные режимы труда и отдыха, направленные на сокращение времени контакта с вредным фактором (сокращение смены и длительность рабочей недели, оптимизация отпуска, ограничение стажа), и разработать медико-профилактические мероприятия немедикаментозного характера, курортно-санаторное лечение.

Внедрение в практику математических расчетов дозных нагрузок неблагоприятных факторов производственной среды позволит работодателям промышленных предприятий своевременно принимать профилактические меры, направленные на охрану труда и управления здоровьем трудящихся с целью обеспечения безопасности труда и предупреждения угрозы жизни или здоровью человека, обусловленной воздействием комплекса неблагоприятных производственных факторов.

Поступила 16.09.2022

# КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА У РАБОЧИХ ПЫЛЕВЫХ ПРОФЕССИЙ

<sup>1</sup>Казеннов А. Е., *kazennov-ae@mail.ru*,

<sup>1, 2, 3</sup>Серебряков П. В., *д. м. н., профессор*,

<sup>1</sup>Хачатрян К. В.

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Отрицательное влияние синдрома обструктивного апноэ сна (далее — СОАС) на организм в виде повышения системного воспаления, снижения качества жизни, увеличения риска смерти, риска обострения хронической обструктивной болезни легких послужило основанием для проведения исследования по оценке распространенности СОАС и его влияния на формирование вентиляционных нарушений у работников «пылевых» профессий.

Цель — определение частоты и выраженности синдрома обструктивного апноэ сна у работников, подвергающихся воздействию промышленных аэрозолей с различными физико-химическими свойствами.

Обследовано 45 мужчин, работающих во вредных производственных условиях. Обследованные были распределены на 3 группы. Рабочие, подвергающиеся воздействию аэрозоля дезинтеграции, были отнесены в 1-ю группу и составляли 22 человека. Ко 2-й группе были отнесены 10 работников, подвергающихся воздействию аэрозоля конденсации. 3-ю группу без контакта с промышленным аэрозолем составили 16 человек. Достоверных различий по значениям возраста и стажа работы между обследованными всех трех групп не получено.

Обследование включало оценку антропометрических данных (рост, вес, индекса массы тела), анкетирование по валидизированным опросникам на риск СОАС (Stop-bang, где риск оценивается как низкий, средний и высокий; Берлинский опросник, где риск оценен как низкий и высокий), комплексное исследование функции внешнего дыхания (далее — КИФВД): спирометрия с бронходилатационным тестом, бодиплетизмография, оценка диффузионной способности легких по монооксиду углерода; оценка толерантности к физическим нагрузкам методом теста 6-минутной ходьбы.

В ходе выполнения работы использовались методы описательной статистики, дисперсионный и корреляционный анализ. Достоверность различий параметров, изменяемых в непрерывной шкале, оценивалась с применением критерия Вилкоксона — Манна — Уитни (W). Критическое значение критерия W принималось равным 1,96, при  $p=0,05$ .

Значения индекса массы тела (далее — ИМТ) были сопоставимы между группами и составили  $28,1 \pm 4,0$  кг/м<sup>2</sup> в 1-й группе,  $28,4 \pm 7,5$  кг/м<sup>2</sup> — во 2-й группе и  $29,4 \pm 5,4$  кг/м<sup>2</sup> — в 3-й группе.

По данным КИФВД, наивысшие средние значения жизненной емкости легких и форсированной жизненной емкости легких были в 3-й группе (108,9% и 108,4%), что достоверно выше по сравнению со 2-й группой (102,3% и 99,0%) и 3-й группой (90,1% и 93,6%;  $W_{1-3}$  составил 2,5 и 2,06 соответственно,  $p < 0,05$ ). Наименьшее значение объема форсированного выдоха за 1-ю секунду было во 2-й (80,6%) и в 1-й (87,2%) группах в сравнении с 3-й группой контроля (97,3%). По данным бодиплетизмографии, общая емкость легких была наименьшей в 1-й группе — 97,3% и наибольшей во 2-й группе — 108,6%, 3-я группа занимала промежуточное значение 105,9% ( $W_{1-2} = 2,41$ ;  $W_{1-3} = 2,14$ ). Внутригрудной объем газа и остаточный объем легких были наибольшими во 2-й группе (124,3% и 138,6%) по сравнению с 1-й (106,5% и 113,6%,  $W_{1-2}$  составил 2,31 и 2,63 соответственно,  $p < 0,05$ ) и 3-й группами (106,2% и 116,7%).

Анкетирование на риск СОАС не показало достоверной разницы среди обследованных групп. Однако средний и высокий риск СОАС в 1-й и 2-й группах был выявлен при меньшем среднем календарном возрасте (47,4 и 44,4 года) по сравнению с 3-й группой (58,9 года).

Обращало на себя внимание, что с увеличением ИМТ нарастал риск СОАС как по опроснику Stop-bang (25,9; 28,4 и 30,5 кг/м<sup>2</sup> соответственно), так и по Берлинскому опроснику (27,5 и 29,3 кг/м<sup>2</sup> соответственно).

По мере увеличения риска СОАС отмечено достоверное снижение пройденной дистанции по данным теста 6-минутной ходьбы согласно опроснику Stop-bang (540 м, 482 м и 325 м соответственно,  $W_{\text{нр-вр}} = 2,44$ ;  $p < 0,05$ ) и Берлинскому опроснику ( $483,0 \pm 97,9$  и  $400,0 \pm 156,1$  м соответственно,  $W = 2,19$ ;  $p < 0,05$ ).

Таким образом, у работников, подвергающихся воздействию промышленного аэрозоля, высокий риск СОАС формируется при более низком календарном возрасте. У работников, подвергающихся аэрозолям дезинтеграции, выявлены признаки формирования рестриктивного типа нарушения вентиляции легких, тогда как у работников, подвергающихся аэрозолям конденсации, выявлены признаки формирования «воздушных ловушек» и эмфиземы. Увеличение риска формирования СОАС сопровождается более выраженными нарушениями вентиляции легких.

Поступила 01.09.2022

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ ГОЛОВЫ**

*Курбангалеева Р.Ш., rasima2241@mail.ru,  
Вагапова Д.М., kon-pol-otd@mail.ru,  
Хафизова А.С., kon-pol-otd@mail.ru,  
Рафикова Л.А., linara.s@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Атеросклероз — это основная причина большинства сердечно-сосудистых заболеваний. Ежегодно в России от них погибает около 600 человек на 100 тыс. населения. Определить точную распространенность церебрального атеросклероза сложно, потому что долгие годы болезнь протекает без симптомов и пациент не обращается к врачу. Атеросклеротические бляшки начинают формироваться уже в 20–30 лет, но проявляется болезнь, как правило, только после 40–50 лет. Атеросклероз может долго протекать без симптомов и проявляется, когда бляшки в сосудах уже значительно ухудшают кровоток. Сначала возникают начальные проявления ишемии головного мозга, при котором в мозг поступает недостаточно кислорода. Для данной стадии характерны изолированные жалобы на головные боли, головокружение, шум в голове, снижение памяти, ухудшение сна. В объективном статусе присутствует очаговая микросимптоматика. Затем, чаще после 40–50 лет, развивается хроническая ишемия головного мозга. Для данной стадии характерно присутствие уже нескольких жалоб из перечисленных. В неврологическом статусе формируются симптомы и синдромы заболевания.

Для определения распространенности ранних атеросклеротических повреждений артерий головы и нарушений липидного статуса был проведен анализ медицинских ультразвуковых обследований у работников нефтехимических производств Республики Башкортостан, работающих с гепатотоксичными ядами (гептилом, бензолом, стиролом, толуолом).

Возрастной состав работников составил: до 40 лет — 26 %, 40–45 лет — 15 %, 46–50 лет — 37 %, и старше 51 года — 22 %. Средний возраст работников —  $49,2 \pm 4,5$  года. Проведено ультразвуковое дуплексное сканирование магистральных артерий головы (далее — УДС МАГ), биохимический анализ крови на липидный спектр. УДС МАГ проводили на аппарате SIEMENS ACUSUN Aspen. Для сканирования экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий использовали ультразвуковой датчик линейного формата с частотой 7,5 МГц. У обследуемых в сыворотке крови определяли общий холестерин, холестерин липопротеидов высокой плотности (далее — ХС-ЛПВП), холестерин липопротеидов низкой плотности (далее — ХС-ЛПНП) и триглицериды (далее — ТГ). Исходя из содержания ТГ и ХС-ЛПВП в крови, рассчитывали концентрации холестерина липопротеидов низкой плотности. По этим показателям вычислены индексы атерогенности по возрастным категориям.

При проведении УДС МАГ у работников нефтехимических производств Республики Башкортостан обнаружены утолщения стенок сосудов магистральных артерий головы. Так, в возрасте 41–

45 лет —  $1,275 \pm 0,1$  мм, 46–50 лет —  $1,2917 \pm 0,2$  мм, старше 50 лет —  $1,365 \pm 0,2$  мм. Выявлена прямо пропорциональная зависимость между атеросклеротическими изменениями в виде утолщения стенок сосудов и возрастом пациентов. С увеличением возраста более выражены изменения стенок сосудов и возникновение атеросклеротических бляшек.

При анализе биохимических показателей уровень ТГ у рабочих в возрасте до 40 лет составил  $1,978 \pm 0,2$  ммоль/л, 41–45 лет —  $2,325 \pm 0,3$  ммоль/л, 46–50 лет —  $2,14 \pm 0,3$  ммоль/л, старше 50 лет —  $1,9 \pm 0,2$  ммоль/л. Максимальный уровень ТГ составил  $2,325 \pm 0,3$  ммоль/л в возрастной группе 41–45 лет. При этом значении уровень холестерина —  $0,562 \pm 0,1$  ммоль/л. Максимальный уровень ХС-ЛПНП составил  $4,04 \pm 0,4$  ммоль/л в возрастной группе от 46 до 50 лет. У обследованных во всех возрастных категориях индекс атерогенности превышал нормальные величины. Максимальные значения —  $9,375 \pm 0,7$  — получены у лиц в возрасте 41–45 лет. Установлено, что чем выше уровень липопротеидов низкой плотности у обследованных, тем больше среднее значение толщины стенок сосудов магистральных отделов головы. У работников нефтехимических производств часто встречаются изменения печени в виде жирового гепатоза, хронического гепатита. Как известно, холестерин утилизируется в печени. При нарушении ее функции возрастает уровень липопротеидов низкой плотности в крови, что способствует образованию бляшек в стенках сосудов.

Выявлено, что у работников нефтехимических производств Республики Башкортостан увеличение толщины стенок сосудов магистральных артерий головы прямо пропорционально зависит от возраста, что свидетельствует о высоком риске развития атеросклероза. Метод ультразвукового дуплексного сканирования может быть использован в прогнозировании риска развития атеросклеротических изменений в диагностике производственно обусловленных гепатопатий.

Поступила 05.09.2022

## ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДОРСОПАТИЙ

<sup>1,4</sup>Лагутина Г.Н., *gn\_lagutina@mail.ru*,

<sup>1,2,3</sup>Сааркоппель Л.М., *lmsaarkoppel@yandex.ru*,

<sup>1</sup>Непершина О.П., *op\_nepershina@mail.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>4</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава Российской Федерации (Сеченовский университет), г. Москва, Россия

Болезни спины (дорсопатии) относятся к одной из самых распространенных патологий в общей популяции населения (Global Burden of diseases Study, 2017). В Российской Федерации (далее — РФ) обращения за амбулаторной помощью в связи с болями в нижней части спины (далее — БНЧС) составили 24,9%, при этом в течение последнего года БНЧС беспокоила 52,9% опрошенных (Эрдес Ш.Ф., 2008).

Сложности диагностики дорсопатий объясняются их полифакториальной этиологией, необходимостью междисциплинарного подхода и недостаточностью знаний врачей о необходимых методах диагностики и лечения. По оценке ВОЗ, БНЧС, связанные с работой, занимают первое место среди болезней от профессиональных факторов риска, составляя 37% от глобального груза болезней и 818 000 лет жизни, потерянных по нетрудоспособности ежегодно (Punnett L, Prüss-Ütün A, Nelson DI et al., 2005; Norasteh A.A., 2012; Miedema H.S., 2016).

Дорсопатии (за рубежом часто используют термин Low-back pain disorders (далее — LBPD) представляют наибольшие трудности для диагностики и решения экспертизы связи заболевания с про-

фессией во многих странах. В мире отсутствует единый подход к оценке связи дорсопатий с условиями труда. Сравнительный анализ работы службы медицины труда в Европейском Союзе (Laštovková A. et al., 2015) показал, что из 23 стран только в 13 странах LBDP рассматривают как профессиональное заболевание (далее — ПЗ), которое подлежит компенсационным выплатам. В 14 странах LBDP рассматривается как ПЗ в результате воздействия общей вибрации, а в 8 странах развитие LBDP не ассоциируют с тяжелой работой. Наличие специфических критериев экспертизы связи заболевания LBDP с работой имеется только в 8 странах, в других странах диагностика осуществляется индивидуально. Указанные в анализе специфические критерии по экспертизе связи заболевания LBDP с работой давно успешно используются в России. В Руководство МОТ по диагностическим и экспозиционным критериям ПЗ (Diagnostic and exposure criteria for occupational diseases, 2022) в разделе скелетно-мышечных ПЗ дорсопатии не включены. Люмбаго с ишиасом (M54.5) и боль внизу спины (M54.4) рассматриваются только как проявление вибрационной болезни от воздействия общей вибрации.

В нашей стране и за рубежом к настоящему времени признаются в качестве ведущих причин развития профессиональных дорсопатий (далее — ПД) следующие вредные производственные факторы: общие и региональные статико-динамические физические нагрузки на позвоночник (подъем и перемещение тяжестей, особенно с ротацией туловища); длительное пребывание в вынужденной рабочей позе — глубокие наклоны более 30° от вертикали; воздействие общей вибрации рабочих мест выше ПДУ. Из других вредных факторов отмечают в основном данные анамнеза, психосоциальные факторы и другие (возраст, избыточная масса тела, гендерный фактор). Во многих исследованиях как причину указывают комбинацию перечисленных факторов.

Имеются различия в оценке показателей тяжести труда между нашей страной и странами Европейского Союза, США и другими странами. Это в первую очередь касается количественных показателей подъема тяжести вручную, статических нагрузок, оценки положения верхних и нижних конечностей во время работы.

Профессиональные дорсопатии в РФ включают неврологические и скелетно-мышечные нарушения, возникающие вследствие раздражения или сдавления нервных структур спино-мозговых корешков или рецепторного аппарата при воздействии вредных производственных факторов (далее — ВПФ) (Измеров Н. Ф., Лагутина Г. Н., 2011). Согласно действующему в РФ Перечню профессиональных заболеваний (Приказ Минздравсоцразвития РФ № 417н от 27.04.2012) выделяют: 1) локализацию/уровень патологического процесса: шейный; пояснично-крестцовый; многоуровневый (шейный и пояснично-крестцовый); 2) ведущий клинический синдром: мышечно-тонический (миофасциальный болевой) синдром, радикулопатию (компрессионно-ишемический синдром), миелорадикулопатию.

По данным Роспотребнадзора за 2012–2021 гг., число зарегистрированных случаев ПЗ, связанных с функциональным перенапряжением отдельных органов и систем (далее — ПЗФП), в том числе ПД остается высоким, традиционно занимая 2–3-е ранговое место в структуре ПЗ, составляя в 2021 г. 16,74%. Основная доля среди ПЗФП принадлежит радикулопатиям (40,71%) и мышечно-тоническому синдрому (18,96%) различной локализации (пояснично-крестцовой, шейной).

Основными профессиями, в которых наиболее часто регистрируются ПЗФП, являются проходчики и ГРОЗ, реже водители грузовых машин (чаще работающие в карьерах), механизаторы/докеры, машинисты экскаваторов и ГВМ.

Изучение условий труда по данным санитарно-гигиенических характеристик (далее — СГХ) условий труда (собственные исследования) показало, что основанием положительного решения экспертизы связи заболевания с профессией являются общие и региональные статико-динамические физические нагрузки на позвоночник (класс 3.2–3.3), длительное пребывание в вынужденной рабочей позе (класс 3.2–3.1), воздействие общей вибрации рабочих мест выше ПДУ (класс 3.1 и выше) и неблагоприятный охлаждающий микроклимат (класс 3.1–3.2).

Алгоритм диагностики ПД включает в себя физикальное врачебное обследование (невролог, при необходимости ортопед-травматолог); методы общеклинического обследования, инструментальные методы (спондилография, КТ, МРТ и др.); психолого-психиатрическое обследование; сопоставление полученных результатов со сведениями анамнеза, трудовой деятельности и условий труда (СГХ, результаты специальной оценки условий труда). Ранняя диагностика ПД у лиц, работающих в условиях воздействия ведущих ВПФ в нашей стране, в настоящее время базируется только на физикальном врачебном осмотре работников в период обязательных медицинских осмотров в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения РФ № 29н от 28.01.2021. Экспертиза связи заболевания с профессией в нашей стране регулируется законодательно (Приказ Министерства здравоохранения РФ № 36н от 31.01.2019), что значительно упрощает эту процедуру и вносит единообразие в оформление документов.

Учитывая разнообразие синдромов, которые могут быть расценены как профессиональные дорсопатии, существуют определенные клинические диагностические трудности, обусловленные весьма ограниченным числом утвержденных клинических рекомендаций федерального уровня. Стандарты специализированной медицинской помощи при данной патологии утверждены более десяти лет назад и не отвечают современным требованиям по вопросам диагностики.

Исходя из вышесказанного, основными путями решения проблем диагностики профессиональных дорсопатий и экспертизы их связи с профессией представляются:

– объективизация и детализация показателей тяжести трудового процесса при проведении специальной оценки условий труда и составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда;

– информирование и обучение врачей первичного амбулаторного звена (врачи-терапевты, врачи общей практики), врачей-специалистов, участвующих в обязательных медицинских осмотрах работающих, точности установления и формулирования клинического диагноза в соответствии с МКБ-10;

– разработка для профпатологов единого алгоритма установления клинического диагноза и экспертных подходов при профессиональных дорсопатиях, отраженных в утвержденных клинических рекомендациях по данной патологии.

Поступила 05.09.2022

## **ОЦЕНКА РИСКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА И ОЖИРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИИ И ФИЗИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК**

*Лапко И.В., д.м.н., innakryl78@rambler.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Превышение предельно допустимого уровня вибрации, особенно в комплексе с другими неблагоприятными факторами производственной среды (производственным шумом, физическими перегрузками, охлаждающим микроклиматом), приводит к формированию метаболической недостаточности, являющейся патогенетической основой развития производственно обусловленных заболеваний.

В современных исследованиях большое внимание уделяется изучению метаболического синдрома (далее — МС), представляющего собой комплекс обменных нарушений, патогенетически связанных между собой. Распространенность МС составляет 20–40%. Необходимо подчеркнуть, что большинство пациентов с МС — это популяция людей активного трудоспособного возраста, наиболее продуктивная и значимая для общества. Изучение распространенности МС и факторов его риска у лиц трудоспособного возраста актуально для своевременной профилактики сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний.

Основной признак МС: центральный (абдоминальный) тип ожирения — окружность талии (далее — ОТ) более 80 см у женщин и более 94 см у мужчин.

Дополнительные критерии МС: артериальная гипертензия (АД  $\geq$  140/90 мм рт. ст.); повышение уровня триглицеридов ( $\geq$  1,7 ммоль/л), снижение уровня ХС-ЛПВП ( $<$  11,1 ммоль/л у мужчин и  $<$  11,2 ммоль/л у женщин); нарушение толерантности к глюкозе.

В условиях стационара Института общей и профессиональной патологии имени академика РАМН А.И. Потапова ФБУН «ФНЦГ имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора обследовано 116 рабочих горнодобывающих предприятий и машиностроительных заводов.

В зависимости от особенностей воздействия факторов производственной среды рабочие были разделены на две группы. В 1-ю группу вошли 72 рабочих, для которых основными неблагоприятными факторами являлись локальная вибрация и физические перегрузки (проходчики, обрубщики литья, чистильщики металла). 2-ю группу составили 44 человека, подвергавшиеся приоритетному воздействию общей вибрации при потенцирующем воздействии вынужденной позы: бурильщики шпуров, водители большегрузных машин и экскаваторщики.

Контрольную группу представляли 50 инженерно-технических работников, профессиональная деятельность которых не связана с воздействием неблагоприятных факторов производственной среды.

Состояние здоровья рабочих вредных производств характеризовалось значительной распространенностью сочетанной и сопутствующей патологии (88,7%), в структуре которой 63,1% составлял метаболический синдром. МС в 1-й группе встречался с частотой 58,3%, во 2-й группе — 52,3%, что было чаще, чем в сопоставимой по возрасту и полу группе, не контактирующей с вредными факторами рабочей среды (43,3%).

В обеих основных группах по мере увеличения стажа работы и возраста отмечено возрастание частоты метаболического синдрома. Группы риска составили рабочие в возрасте 40–49 лет и со стажем 11–20 лет, контактирующие преимущественно с локальной вибрацией и физическими перегрузками, и в возрасте 50–59 лет и со стажем 21–30 лет, подвергающиеся приоритетному воздействию общей вибрации при потенцирующей вынужденной позе.

Анализ распространенности компонентов метаболического синдрома показал, что в группе с повышенным употреблением жиров и углеводов (32 человека) метаболические нарушения выявлялись у 23 рабочих (72%). Среди лиц с нормальным и пониженным употреблением данных нутриентов (84 человека) метаболические расстройства отмечены у 42 человек (50%).

Абдоминальное ожирение (ОТ  $\geq$  94 см) как облигатный фактор риска развития метаболического синдрома выявлено у 58,3% обследуемых 1-й группы, у 52,3% рабочих 2-й группы и у 43,3% лиц контрольной группы.

Избыточная масса тела (ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup>) отмечалась у 87,5% исследуемых 1-й группы, у 81,1% рабочих 2-й группы и у 78,5% обследуемых контрольной группы. Избыточная масса тела и ожирение усугубляют связанные с ними соматические заболевания, повышая вероятность их развития на 50%, независимо от наличия других факторов, связанных с увеличением массы тела.

Число работающих с артериальной гипертонией (АД  $\geq$  140/90 мм рт. ст.) в 1-й и 2-й группах был одинаков — 65,3% и 65,9% человек соответственно. Меньшее число «гипертоников» выявлялось в группе контроля — 58,6%. Артериальная гипертензия, участвуя в развитии сердечно-сосудистых атеросклеротических заболеваний, является причиной смерти от сердечно-сосудистых событий, инсультов, почечной недостаточности и болезней периферических сосудов.

Изучение липидного спектра отмечало высокую долю лиц с превышением уровня общего холестерина (65,3%, 57,4% и 48,6% соответственно). Гипертриглицеридемия выявлена у 43,3%, 45,1% и 39,6% исследуемых соответственно в 1-й, 2-й основных и контрольной группах. Отмечалось превышение нормального уровня ХС-ЛПНП в основных группах. Развитие нарушений липидного обмена, свидетельствующее о формировании атерогенной липидемии, повышает вероятность атеросклеротического поражения сердца и сосудов.

Нарушение толерантности к глюкозе отмечалось у 22,2% рабочих 1-й группы, у 29,6% обследуемых — 2-й группы и у 16,2% — группы контроля. Сахарный диабет типа 2 диагностирован у 6,9%, 11,4% и 6,0% соответственно. Выявленные изменения углеводного обмена составляют основу последующих метаболических и гемодинамических нарушений в патогенезе артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца и других атеросклеротических заболеваний. Средние уровни глюкозы, определяемые в крови, не превышали референтные значения, как в группах сравнения, так и в контрольной группе.

Таким образом, проведенное исследование выявило высокую распространенность МС и его компонентов как комплекса обменных нарушений, патогенетически связанных между собой и ускоряющих развитие атеросклеротических и обменно-зависимых заболеваний у работающих с производственной вибрацией и физическими перегрузками. Среди компонентов метаболического синдрома у рабочих, контактирующих с локальной вибрацией и физическими нагрузками, чаще (в 61,9% случаев) выявляется сочетание абдоминального ожирения, артериальной гипертензии и нарушения липидного обмена. У 56,5% работающих в контакте с общей вибрацией при потенцирующей вынужденной позе абдоминальное ожирение, гипертоническая болезнь и дислипидемия сочетаются с нарушениями углеводного обмена.

#### *Выводы*

1. Длительное воздействие на рабочих производственной вибрации и физических перегрузок является фактором риска развития компонентов метаболического синдрома, наряду с общепризнанными предикторами риска — абдоминальным ожирением, артериальной гипертензией, атерогенной дислипидемией, гипергликемией.

2. Углубленное изучение состояния здоровья работников вредных производств, регистрация факторов риска МС и его компонентов, внедрение медико-профилактических и информационно-обучающих методик по формированию здорового образа жизни, улучшению условий труда и быта являются основными направлениями профилактики кардиоваскулярных и обменных заболеваний.

Поступила 13.09.2022

# ОЦЕНКА ШУНТИРУЮЩИХ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЭП-4(0) НА КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Макарова-Землянская Е.Н., к.м.н., [helen456@mail.ru](mailto:helen456@mail.ru),  
Дреммин А.И., [dreminalexey@mail.ru](mailto:dreminalexey@mail.ru)

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта», г. Москва, Россия

Железная дорога является самой крупной транспортной инфраструктурой в Российской Федерации, где эксплуатационная длина дорог составляет более 85 тыс. километров, причем более половины из них электрифицировано. В настоящее время из 16 филиалов ОАО «Российские железные дороги» (далее — ОАО «РЖД») 13 используют переменный ток напряжением 25 кВ. Обслуживание контактной сети как постоянного, так и переменного тока осуществляется электротехническим персоналом дистанции электроснабжения. Помимо основных вредных производственных факторов железной дороги, при работе электротехнического персонала на контактной сети переменного тока возникает опасность поражения током наведенного напряжения, а при выполнении работ на не отключенной сети — возможность нахождения в условиях напряженности электрического поля промышленной частоты (далее — ЭП ПЧ) выше предельно допустимых величин. В связи с наличием опасных и вредных факторов производственной среды (электрический ток выше 6 мА и напряженность ЭП ПЧ выше 25 кВ/м) персонал в процессе работы обязан использовать шунтирующий экранирующий комплект типа ЭП-4(0).

В испытаниях использовались 2 средства индивидуальной защиты тип (далее — СИЗ) ЭП-4(0) разных производителей в комплектации комбинезон. Оценка экранирующих свойств комплектов осуществлялась на высоковольтном стенде ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (Москва), имитирующем контактную сеть переменного тока 25 кВ. Шунтирующие свойства оценивались на участке переменного тока Издешково — Вязьма ОАО «РЖД» с системой электроснабжения 2 × 25 кВ по второму пути на двухпутном участке со снятием напряжения с питающего провода по второму пути при наличии напряжения в контактной подвеске на первом и втором пути и в питающем проводе первого пути, при наличии на фидерной зоне первого пути одного — двух грузовых поездов (нагрузка 300–350 А). При проведении испытаний предусматривалась имитация нарушения требований безопасности — снятие одной из двух заземляющих штанг.

Измерение уровней напряженности ЭП ПЧ в пододежном пространстве осуществлялось с использованием измерителя напряженности электрического поля Narda EFA-300 с выносной по оптоволоконному кабелю изотропной антенной E-FIELD, размещенной на груди диэлектрического антропометрического манекена человека. Манекен в комплекте и без располагался на расстоянии 30 см от токоведущей имитации контактной сети переменного тока. По результатам измерений напряженности ЭП ПЧ рассчитывался коэффициент экранирования для каждого комплекта, причем рассматривались варианты комплектации ЭП-4(0) с лицевым экраном и без него для каждого средства защиты.

Оценка шунтирующих свойств комплектов проводилась на металлизированном антропометрическом манекене с сопротивлением нагрузки, имитирующем сопротивление тела человека в 1 кОм по пути «рука — рука» и «рука — нога». Оценка защитных свойств каждого комплекта проводилась в двух режимах наведенного напряжения: емкостного (электростатического) и индуктивного (электромагнитного). К отключенной контактной сети, являющейся источником наведенного напряжения, подключали одетый в комплект ЭП-4(0) манекен через перчатку, а второй провод, заземления, поочередно подключали ко второй перчатке или металлической пластине под электропроводящей обувью, имитирую проход тока по пути «рука — рука» или «рука — нога». В обоих режимах измерялся ток, протекающий через защитный комплект, амперметром DT-3341 и ток, протекающий через манекен, микроамперметром АРРА-97.

В лабораторных условиях уровень напряженности ЭП ПЧ на расстоянии 30 см от токоведущей имитации провода в месте размещения манекена составлял 12,5 кВ/м. Оценка уровней ЭП ПЧ в пододежном пространстве проводилась при расположении манекена лицом и спиной к токоведущей линии на потенциале провода (под напряжением). Коэффициент экранирования в комплектации с лицевым экраном и лицом к имитации контактной сети первого комплекта СИЗ был 92,10 дБ, а второго — 67,04 дБ. При расположении манекена спиной к токоведущим элементам у первого

и второго комплекта коэффициент экранирования составлял 98,20 дБ и 68,21 дБ соответственно. Учитывая, что при проведении работ под напряжением ниже 110 кВ не регламентируется использование лицевого экрана, персонал на железной дороге использует только электропроводящий наकाшик. Поэтому в эксперименте также оценивалась эффективность ослабления ЭП ПЧ с использованием ЭП-4(0) без лицевого экрана. Этот коэффициент у первого комплекта составил 84,32 дБ лицом к проводу и 85,53 дБ спиной, тогда как у второго наблюдалось меньшее снижение эффективности защиты до 66,50 дБ и 65,59 дБ лицом и спиной к источнику ЭП ПЧ соответственно.

При оценке шунтирующих свойств комплекта в натуральных условиях имитировались работы на отключенной контактной сети, где существовала опасность поражения электрическим током наведенного напряжения. В этих условиях значения тока наведенного напряжения не имели четких значений. В емкостном режиме диапазон изменений тока варьировал от 0,5 А до 9 А, тогда как в индуктивном режиме ток наведенного напряжения был обусловлен прохождением по первому пути поезда разного тоннажа и ток наведенного напряжения колебался от 2,7 А до 30,4 А.

Натурные исследования показали: в емкостном режиме по пути «рука — рука» значения тока на манекене составили 0,96 мА при токе через первый комплект 0,9 А; для второго комплекта этот ток составил 0,71 мА при токе наведенного напряжения 9,0 А. При подключении к контактной сети по пути «рука — нога» ток на манекене был 0,29 мА при наведенном токе 0,5 А через первый комплект и 0,21 А на манекене при токе 6,2 А — через второй комплект СИЗ. В индуктивном режиме при подключении «рука — рука» ток был равен 30,4 А через первый комплект при уровне тока на манекене 4,3 мА, тогда как для второго комплекта ток через манекен составлял 2,42 мА при токе через комплект 27,0 А. В том же режиме по пути «рука — нога» отмечался низкий ток наведенного напряжения на первом комплекте составляющий 2,7 А при токе через манекен 1,3 мА, тогда как для второго комплекта в том же режиме ток на манекене фиксировался на уровне 1,11 мА при наведенном токе 25,0 А. Разрушений СИЗ в процессе тестовых испытаний зафиксировано не было.

Анализ результатов эффективности защиты обоих комплектов свидетельствуют о высокой степени ослабления ЭП ПЧ не только по требуемому значению Техническим Регламентом Таможенного союза 019/2011 на уровне 30 дБ, но и по требованиям ГОСТ 12.4.172–2019–60 дБ для этих типов СИЗ. Оценка шунтирующих свойств обоих СИЗ показала эффективную защиту электротехнического персонала при обслуживании отключенной контактной сети переменного тока железной дороги в случае возникновения аварийной ситуации, в частности при проблемах с основным защитным заземлением.

Поступила 09.09.2022

## **ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАБОТАХ НА ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ НАПРЯЖЕНИЕМ 500 КВ**

*Перов С.Ю., д.б.н., perov@irioh.ru,  
Сажина М.В., mariagusarova23@gmail.com,  
Коньшина Т.А., к.б.н., konshina@irioh.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Электротехнический персонал, осуществляющий эксплуатацию электроустановок сверхвысокого напряжения, в течение рабочей смены может подвергаться воздействию ряда вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте. К вредным относится не только влияние основного фактора — электрического (далее — ЭП) и магнитного поля (далее — МП) промышленной частоты (далее — ПЧ), но и климатических условий, так как работы выполняются на открытой территории. В теплое время года, особенно в летний период, организм работника подвергается сочетанному воздействию основного фактора и термической нагрузки, которая может оказывать негативное влияние на его тепловое состояние.

На открытых распределительных устройствах (далее — ОРУ) напряжением 330 кВ и выше могут наблюдаться превышения предельно допустимых уровней (далее — ПДУ) ЭП и МП ПЧ. В связи с этим существует три принципа защиты персонала: временем, расстоянием и путем применения коллек-

тивных и индивидуальных средств защиты (далее — СИЗ), однако использование СИЗ может оказывать дополнительную тепловую нагрузку на работника.

На ОРУ напряжением 500 кВ проводились исследования по гигиенической оценке уровней ЭП и МП ПЧ, а также оценка теплового состояния организма человека при выполнении работ в летний период года. Исследования на ОРУ подстанции осуществлялись при температуре окружающего воздуха  $34,8 \pm 2,6$  °С и на ОРУ гидрорециркуляционной электростанции (ГРЭС) —  $24,1 \pm 2,4$  °С.

Общая продолжительность исследований при участии добровольцев составляла 1 час 15 минут: до начала каждого исследования регистрировались исходные значения показателей теплового состояния; в течение 1 часа доброволец выполнял работы (период физической нагрузки) на территории ОРУ и в течение 15 минут после выполнения физической работы доброволец находился в состоянии относительного покоя.

В качестве добровольцев для участия в исследованиях были привлечены 5 человек: возраст  $34 \pm 12$  лет, вес  $75,3 \pm 26,2$  кг, рост  $1,7 \pm 0,1$  м, индекс массы тела  $24,3 \pm 6,7$  кг/м<sup>2</sup>. Все участники подписали информированное согласие. На протяжении всего периода выполнения физической работы добровольцы были одеты в СИЗ от ЭП ПЧ и поражения электрическим током, представляющие собой шунтирующий экранирующий комплект в составе экранирующих куртки, брюк, электропроводящего нагасника, перчаток и ботинок.

Оценка уровней ЭП и МП ПЧ проводилась с помощью измерителя напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 (ЗАО «ТАНО», Россия) и измерителя электрических и магнитных полей EFA-300 (Narda Safety Test Solutions GmbH, Germany).

Для оценки теплового состояния человека регистрировались следующие показатели: температура и влажность кожи, температура и влажность пододежного пространства с использованием температурных датчиков Thermochron iButton™ (Maxim Integrated Products, Inc., USA), частота сердечных сокращений (далее — ЧСС) системой суточного мониторинга ЭКГ «ПОЛИ-СПЕКТР-СМ» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Температура окружающего воздуха регистрировалась с помощью термогигрометра ИВТМ-7 К (АО «ЭКСИС», г. Москва).

Результаты гигиенической оценки на наземных рабочих местах персонала ОРУ напряжением 500 кВ показали наличие превышений ПДУ ЭП ПЧ для условий производственных воздействий в течение всей рабочей смены и отсутствие превышений по магнитной составляющей. Максимальные измеренные значения ЭП ПЧ на ОРУ подстанции составили  $18,7 \pm 1,3$  кВ/м, на ОРУ ГРЭС —  $19,4 \pm 1,1$  кВ/м.

По результатам оценки теплового состояния добровольцев исходные значения температуры кожи составляли  $33,0 \pm 0,7$  °С и  $33,2 \pm 1,3$  °С соответственно при выполнении работ на ОРУ подстанции и ГРЭС. Среднее значение температуры кожи в период физической нагрузки составляло  $35,3 \pm 1,1$  °С в течение работы на ОРУ подстанции и  $33,9 \pm 0,8$  °С на ОРУ ГРЭС. Прирост средней температуры кожи составил  $2,1$  °С и  $0,9$  °С соответственно. После периода отдыха значение показателя температуры кожи восстанавливалось до исходных значений. ЧСС при физической нагрузке составляла  $109 \pm 18$  уд/мин и  $84 \pm 6$  уд/мин соответственно. Значения показателей температуры и влажности пододежного пространства на ОРУ подстанции во время выполнения физической нагрузки составляли в среднем  $35,7 \pm 0,8$  °С и  $87,5 \pm 4,8$  %. При производстве работ на ОРУ ГРЭС —  $33,3 \pm 1,0$  °С и  $65,0 \pm 22,0$  %.

Таким образом, результаты гигиенической оценки уровней ЭП и МП ПЧ на ОРУ напряжением 500 кВ указывают на то, что допустимое время работы персонала в течение рабочей смены должно составлять менее часа, либо персонал должен использовать СИЗ для работы без ограничений по времени.

При оценке теплового состояния добровольцев повышение температуры кожи и ЧСС при выполнении физической работы на ОРУ напряжением 500 кВ связано с компенсаторным ответом организма человека на термическую нагрузку. Можно заметить, что негативное влияние СИЗ на тепловое состояние человека выражалось в высоких значениях как температуры, так и влажности пододежного пространства, что может быть связано с низкой воздухо- и влагопроницаемостью комплекта СИЗ. Полученные экспериментальные данные указывают, что использование СИЗ в подобных климатических условиях оказывает существенное влияние на тепловое состояние организма человека, поэтому необходимо, с одной стороны, усовершенствовать СИЗ в части разработки улучшения воздухообмена, а с другой стороны — рекомендовать регламентацию режимов труда и отдыха персонала с учетом условий окружающей среды.

Поступила 05.09.2022

## COVID-19 В СТРУКТУРЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2020–2021 ГГ.

<sup>1,2</sup>Серебряков П. В., д. м. н., профессор, [drsilver@yandex.ru](mailto:drsilver@yandex.ru),

<sup>1,3</sup>Шиган Е. Е., к. м. н., [eeshigan@gmail.com](mailto:eeshigan@gmail.com),

<sup>2,4</sup>Панкова В. Б., д. м. н., профессор, [pankova@vniijg.ru](mailto:pankova@vniijg.ru),

<sup>1</sup>Новожилова В. С., [polukhina.valerochka@mail.ru](mailto:polukhina.valerochka@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>4</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва, Россия

В 2021 г. в Российской Федерации (далее — РФ) было установлено 4695 случаев профессиональных заболеваний, что больше на 882 случая, чем в 2020 г. Подавляющее число острых случаев профзаболеваний в 2020 и 2021 гг. обусловлено появлением и распространением новой коронавирусной инфекции, их доля составила 19,1 % и 23,6 % (729 и 1108 случаев соответственно).

Проведен анализ данных об уровнях выявления профессиональных заболеваний и числе случаев COVID-19, признанных профессиональными заболеваниями по федеральным округам РФ, на основании сведений, представленных в государственных докладах территориальных отделов субъектов РФ, входящих в состав соответствующих федеральных округов.

В Дальневосточном федеральном округе (далее — ДВФО) отмечен прирост абсолютных значений числа случаев COVID-19, признанных профессиональными (с 22 до 37 случаев). Однако за счет прироста общего числа выявленных профессиональных заболеваний (с 349 до 596 случаев) доля COVID-19 в структуре профессиональных заболеваний практически не изменилась, составив 6,2–6,3 %.

В Приволжском федеральном округе (далее — ПФО) в 2020–2021 гг. отмечено увеличение как общего числа случаев профессиональных заболеваний (с 614 до 835), так и числа случаев COVID-19 (с 172 до 263), однако значимого прироста доли COVID-19 в структуре профессиональных заболеваний по ПФО также не произошло (с 28,0 до 31,5 %). При этом в ряде субъектов федерации, входящих в ПФО, отмечен прирост как абсолютного числа профессиональных случаев COVID-19, так и их доли в структуре профпатологии.

По Северо-Западному федеральному округу в 2020–2021 гг. по данным госдокладов Роспотребнадзора отмечено снижение как общего числа случаев профессиональных заболеваний (с 550 до 463 случаев), числа профессиональных случаев COVID-19 (с 75 до 48 случаев), так и их доли в структуре профессиональной патологии с 13,6 до 10,4 %.

Данные об уровнях выявления профессиональных заболеваний в Северо-Кавказском федеральном округе (далее — СКФО) свидетельствуют о том, что как в 2020, так и в 2021 г. профессиональные случаи COVID-19 внесли самый весомый вклад в структуре профессиональной патологии в округе (92,2 и 84,6 % соответственно).

В Сибирском федеральном округе (далее — СФО), с 2020 до 2021 г. отмечен прирост как абсолютного числа случаев COVID-19 в 2,6 раза — с 62 до 163 случаев, так и их доли в структуре профпатологии в 2,8 раза — с 4,5 до 12,7 %.

По Уральскому федеральному округу (далее — УФО) отмечено увеличение числа выявляемых профессиональных случаев COVID-19 в 1,7 раза, с 77 до 130 случаев, при этом их доля в структуре профессиональной патологии за 2020–2021 гг. выросла незначительно, составив 24,7 и 29,2 % соответственно. В ряде субъектов, входящих в состав УФО, как абсолютное число профессиональных случаев COVID-19, так и их вклад в структуру профессиональной патологии носили устойчивую тенденцию к росту.

По Центральному федеральному округу (далее — ЦФО) в 2020–2021 гг. отмечено увеличение как общего числа случаев выявленных профессиональных заболеваний с 406 до 481, так и числа

профессиональных случаев COVID-19 с 214 до 285. Несколько вырос и их вклад в структуре профессиональной патологии с 52,7 до 59,3%. Подобный прирост произошел за счет того, что в большинстве субъектов федерации, входящих в ЦФО, произошел аналогичный прирост.

В Южном федеральном округе (далее — ЮФО) в 2020–2021 гг. отмечено почти двукратное увеличение выявления числа профессиональных случаев COVID-19, с 57 до 105 случаев, и прирост их доли в структуре профессиональной патологии с 29,1 до 38,5%.

Статистически достоверным прирост доли COVID-19 в структуре профессиональной патологии был в СФО ( $\chi^2 = 56,97$ ;  $p < 0,001$ ) и ЮФО ( $\chi^2 = 4,03$ ;  $p = 0,045$ ). В целом по стране прирост числа выявленных случаев COVID-19 в структуре профессиональной патологии также был достоверным: с 726 до 1053 случаев (с 19,8 до 23,9% ( $\chi^2 = 33,5$ ;  $p < 0,001$ )).

Первые 5 ранговых мест по доле вкладу COVID-19 в структуре выявленной в федеральном округе профессиональной патологии в 2020 и 2021 гг. остались неизменными. 1-е ранговое место занял СКФО (92,2 и 84,6% соответственно), 2-е ранговое место — ЦФО (52,7 и 59,3%), 3-е ранговое место — ЮФО (29,1 и 38,5%), 4-е ранговое место — ПФО (28,0 и 31,5%) и 5-е ранговое место — УФО (24,7 и 29,2%). СФО, занимавший в 2020 г. 8-е ранговое место, поднялся на 6-е место (прирост с 4,5 до 12,7%). ДВФО сместился с 7-го рангового места на 8-е (снижение с 6,3 до 6,2%). СЗФО, занимавший в 2020 г. 6-е ранговое место, в 2021 г. сместился на 7-е ранговое место (снижение с 13,6 до 10,4%).

Представленный материал иллюстрирует целый ряд аспектов работы профпатологической службы в период пандемии новой коронавирусной инфекции. В 2020 г. непосредственная экспертная работа центров профпатологии была затруднена тем, что ресурсы многих центров были привлечены к работе по снижению распространения новой коронавирусной инфекции. В то же время складывающаяся ситуация привела к тому, что сформировалась новая нозологическая форма профессиональной патологии, которая по итогам 2020–2021 гг. вышла на одно из значимых мест в структуре профессиональной патологии. Региональные особенности центров профессиональной патологии, обусловленные и географическим положением, и мощностью промышленно-индустриальной базы субъектов федерации и федеральных округов, определили вариативность показателей профессиональной заболеваемости и нозологических спектров в структуре профессиональной патологии.

Поступила 05.09.2022

## **ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА У РАБОТНИКОВ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ТРУДА**

*Сериков В.В., к.п.н., vasily\_serikov@mail.ru,  
Юшкова О.И., д.м.н., профессор, doktorolga@inbox.ru,  
Капустина А.В., к.б.н., ft-matuhin@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

В рамках физиологии труда нормирование факторов трудового процесса остается актуальной проблемой. Возрастание нервно-эмоциональных нагрузок, связанных с повышением интенсивности труда, использованием дисплеев и других технических средств в процессе трудовой деятельности при социальном стрессе, обусловленном пандемией COVID-19, повысило требования к функциональному состоянию организма работников. Это может формировать перенапряжение организма и приводить к развитию производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний.

Нормирование факторов напряженности трудового процесса для работников современных профессий позволяет прогнозировать возможность формирования неблагоприятного функционального состояния и дифференцированно разрабатывать меры профилактики.

Известно, что Руководство Р 2.2.2006–05 в разделе «Общая гигиеническая оценка условий труда» указывает на возможность оценки в сложных случаях условий труда по показателям функционального состояния организма (особые формы организации работ с продолжительностью рабочей смены более 8 часов и т.д.). Однако соответствующие физиологические критерии и дополнения в Руководство Р 2.2.2006–05 требуют разработки и научного обоснования.

Цель исследования: на примере современных видов труда обосновать и разработать информативные физиологические критерии, позволяющие оценивать и контролировать уровни функционального состояния и работоспособности, класс условий труда с учетом вида трудовой деятельности.

Методы исследования включают профессиографический анализ трудовой деятельности, оценку в динамике смены состояния центральной нервной системы (далее — ЦНС), зрительного анализатора, сердечно-сосудистой системы и нервно-мышечной системы по общепринятым методикам. Психофизиологические исследования проводились на работниках профессиональных групп умственного (49 группы), зрительно-напряженного труда (30), физического труда (72).

На основе комплексных психофизиологических, физиологических и клинично-функциональных исследований работников умственных видов труда обоснована количественная оценка показателей интеллектуальной нагрузки, уточнение цифровых значений показателей сенсорной нагрузки.

В результате анализа данных изменения функционального состояния большого количества работников умственного нервно-эмоционального труда к концу рабочей смены по показателям ЦНС установлена выраженная взаимосвязь со степенью напряженности труда и высокая информативность сдвига показателей концентрации внимания и кратковременной памяти от исходного уровня к концу рабочей смены.

Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы у работников обследуемых профессиональных групп проводилась на основе интегрального показателя индекса функциональных изменений (далее — ИФИ). Результаты исследований показали, что среднесменные уровни ИФИ определяются степенью напряженности труда и могут использоваться в качестве информативных физиологических показателей, подтверждающих класс условий труда с учетом гендерных различий.

Зрительно-напряженные работы — виды труда, требующие выполнения операций с малыми объектами различения на пределе разрешающей способности зрения человека. К зрительно-напряженным работам относятся также работы с видео-дисплейным терминалом, которые широко используются во всех видах профессиональной и повседневной деятельности.

При зрительно-напряженном труде (прецизионные работы и работы с экраном дисплея) основными неблагоприятными факторами являются сенсорные нагрузки, обусловленные временем сосредоточенного наблюдения, размером объекта различения и временем работы с оптическими приборами или экраном дисплея, которые отражают различные классы условий труда (Руководство Р 2.2.2006–05).

Выполнение зрительно-напряженных работ в течение длительного времени сопровождается изменением функционального состояния зрительного анализатора, развитием утомления, что проявляется в снижении объема аккомодации и временных характеристик устойчивости ясного видения. Длительное выполнение зрительно-напряженных работ способствует развитию астенопии, расстройству бинокулярного зрения, а также может способствовать появлению миопии или увеличению ее степени.

Развитие зрительного утомления находит отражение в изменении состояния зрительного анализатора по показателям критической частоты слияния световых мельканий, объема аккомодации, времени восприятия последовательного контраста.

Обоснованы отдельно для мужчин и женщин количественные критериальные значения следующих информативных показателей функционального состояния зрительного анализатора: критическая частота слияния световых мельканий, объем аккомодации, время восприятия последовательного контраста.

У работников физического труда показатели тяжести трудового процесса (неблагоприятная фиксированная рабочая поза, большое количество наклонов, выраженные статико-динамические нагрузки) в разных профессиональных группах различаются. Исследованиями показано, что итоговая оценка тяжести трудового процесса (класс условий труда) определяет формирование функционального состояния, развитие утомления, вероятность развития патологии.

При региональных и общих мышечных нагрузках, а также локальных мышечных нагрузках наблюдалась высокая взаимосвязь выносливости мышц кисти к статическому усилию (% снижения к концу смены) и частоты сердечных сокращений с классом условий труда у работников физического труда. Это позволило обосновать количественные значения физиологических критериев и рекомендовать данные показатели для контроля уровня функционального состояния и работоспособности с учетом вида трудовой деятельности и гендерных различий.

Формирование перенапряжения у работников ряда профессиональных групп с физическими нагрузками локального и регионального характера приводит к развитию профессиональной патологии периферической нервной системы и скелетно-мышечных заболеваний верхних конечностей либо их сочетанию. Для общих физических перегрузок типично развитие патологии пояснично-

крестцового отдела спины (радикулопатия, мышечно-тонический синдром). Рассчитанная вероятность риска развития профессиональной патологии свидетельствует о нарастании процента лиц с нарушениями периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата в зависимости от класса и степени вредности физического труда от 13 до 37 %.

Проведена разработка физиологических критериев функционального состояния организма по результатам комплексных физиолого-эргономических исследований, что обеспечивает доказательную достоверную оценку класса условий труда.

Поступила 02.09.2022

## **МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ МАСОК С УЧАСТИЕМ ВОЛОНТЕРОВ**

*Синякова О.К., [siniakovaok@mail.ru](mailto:siniakovaok@mail.ru),  
Щербинская Е.С., [lizashcherbinskaya@gmail.com](mailto:lizashcherbinskaya@gmail.com),  
Мадекша И.В., [trud@rspch.by](mailto:trud@rspch.by)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В условиях пандемии COVID-19 приоритетной задачей становится защита здоровья медицинских работников. Особую роль при этом играют изделия медицинского назначения, используемые для защиты органов дыхания. Потребность в данных изделиях (прежде всего медицинских масках) чрезвычайно высока, а требования к обеспечению их безопасности стали предметом интереса.

В настоящее время недостаточно данных об исследованиях, в которых бы проводилась оценка эффективности и возможных нежелательных эффектов всеобщего или целенаправленного и длительного применения работниками здравоохранения медицинских масок как изделий медицинского назначения для защиты органов дыхания. Кроме того, существующие требования к данной категории изделий медицинского назначения не учитывают их влияние на функциональное и психофизиологическое состояние организма работников, что также может вносить свой вклад в формирование профессиональных рисков медицинских работников.

Учитывая характер деятельности медицинских работников, экспериментальное исследование медицинских масок для изучения их влияния на состояние организма не представлялось возможным провести непосредственно с участием медицинских работников в связи с невозможностью отвлечения их от трудового процесса. Поэтому исследования проводились с участием волонтеров, для которых были созданы условия, приближенные к условиям труда медицинских работников по уровню энерготрат.

Цель работы — разработка методики моделирования условий труда медицинских работников по энерготратам для проведения исследования медицинских масок с участием волонтеров по показателям безопасности, а также изучения влияния медицинских масок на функциональное и психофизиологическое состояние организма.

Предварительно была проведена комплексная гигиеническая оценка условий труда медицинских работников в соответствии с требованиями Санитарных норм и правил «Гигиеническая классификация условий труда» (утверждены постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28.12.2012 № 211) по данным аттестации 509 рабочих мест медицинского персонала амбулаторно-поликлинических и стационарных организаций здравоохранения по условиям труда за пятилетний период. Полученные результаты комплексной гигиенической оценки условий труда использованы для формирования профессиональных когорт медицинских работников по уровням энерготрат.

В экспериментальном исследовании с участием волонтеров условия труда медицинских работников моделировались по уровням энерготрат, соответствующих категориям работ по интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч: 121–150 ккал/час — категория Ib; 151–200 ккал/час — категория IIa; 201–250 ккал/час — категория IIб.

Критериями включения волонтеров в группу исследования были: возраст от 18 до 63 лет, отсутствие симптомов острых респираторных инфекций верхних дыхательных путей; критериями исключения — наличие психических заболеваний, выраженных когнитивных нарушений, наличие

нарушений сердечного ритма и проводимости, наличие клинических признаков гипертиреоза, наличие заболеваний опорно-двигательного аппарата, препятствующих длительному выполнению физических нагрузок.

В исследовании приняли участие 48 волонтеров (значение медианы возраста — 30,5 (21,0–47,5) лет), в том числе 19 мужчин (значение медианы возраста — 26,0 (21,0–50,0) лет) и 29 женщин (значение медианы возраста — 36,0 (24,0–47,0) лет).

Для экспериментальных исследований использовалось 5 видов масок медицинских однократного применения, тип II, изготовленных из различных нетканых и текстильных материалов. Каждый вид медицинских масок исследовался в течение трех дней, при этом в первый день для волонтеров моделировались энерготраты категории Iб, во второй день — IIа, в третий день — IIб.

В течение каждого дня медицинская маска эксплуатировалась 1 час, 2 часа и 3 часа, после чего подвергалась исследованиям по показателям безопасности. Кроме того, через данные промежутки времени изучались показатели функционального и психофизиологического состояния организма волонтеров.

На каждый день исследования для каждого волонтера оформлялся протокол моделирования энерготрат с указанием веса волонтера, моделируемой категории энерготрат, видов выполняемой работы в различные промежутки времени (первый час работы, последующие 2 часа, последующие 3 часа) с указанием ее продолжительности и интенсивности, планируемая интенсивность энерготрат, суммарные энерготраты за 6 часов.

Для обеспечения заданного уровня энерготрат волонтеры выполняли следующие виды деятельности: умственный труд, занятие на велотренажере со скоростью 16; 20; 25; 27 км/ч, занятие на беговой дорожке в режиме «ходьба» со скоростью 4; 5; 6 км/ч.

Для каждого волонтера ежедневно до начала исследования в зависимости от моделируемой категории работ производился индивидуальный расчет режимов физической нагрузки (время, скорость) с учетом веса волонтера. Энерготраты волонтера рассчитывались по формуле (1):

$$ЭТ = A \times m \times t, \quad (1)$$

где ЭТ — общие энерготраты по выбранному виду деятельности, ккал;

A — расход энергии по выбранному виду деятельности, ккал × мин;

m — вес волонтера, кг;

t — время работы, мин.

Для быстроты и удобства оформления протокола исследования волонтера были сформированы оценочные таблицы, где указаны энерготраты (ккал) в зависимости от продолжительности нагрузки (с шагом 5 минут) и веса волонтера (с шагом 5 кг).

Таким образом, была сформирована методика моделирования условий труда медицинских работников для исследования медицинских масок с участием волонтеров, которая позволила достаточно точно смоделировать условия труда медицинских работников по энерготратам, чтобы в процессе использования медицинских масок волонтерами изучить, с одной стороны, как различные условия эксплуатации влияют на показатели безопасности медицинских масок, с другой стороны, как изменяются психофизиологические характеристики и функциональное состояние организма человека, использующего маску для защиты органов дыхания.

Поступила 14.09.2022

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Смагулов Н.К., д.м.н., профессор, [msmagulov@yandex.ru](mailto:msmagulov@yandex.ru)*

Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова», г. Караганда, Республика Казахстан

Внедрение компьютерных технологий в основные и вспомогательные производственные процессы, насыщение предприятий мощным высокопроизводительным оборудованием и др. привело к нарастанию интенсивности отрицательных в гигиеническом плане факторов. Одним из путей решения данной проблемы может быть разработка и внедрение на предприятиях автоматизиро-

ванных систем управления с базами данных (далее — СУБД) для накопления и хранения оперативной информации об условиях труда и заболеваемости работников.

Для мониторинга на промышленном предприятии разработана автоматизированная система на основе имитационной модели, представляющей собой автоматизированную СУБД с базами данных по кадрам, санитарно-гигиеническим условиям труда и больничным листам с временной утратой трудоспособности.

Основной целью системы управления здоровьем является снижение доли влияния производства на заболеваемость работников на основе гигиенической оценки влияния факторов производственной среды и выявления приоритетных факторов, управления экспозицией к вредному фактору, исходя из критериев безопасного стажа работы в данных региональных условиях, коррекции состояния резистентности и повышения функционального резерва организма работающих.

База данных «персонал» готовится на предприятии самостоятельно, в процессе регистрации рабочих при приеме или увольнении их со службы, передвижении их по служебной лестнице и т.д. База данных «условия труда» формируется в лаборатории промышленной санитарии путем введения результатов гигиенических замеров на рабочих местах в электронные бланки. В базу данных «заболеваемость» вводятся табельный номер работника, код и диагноз болезни, количество дней нетрудоспособности.

Автоматизированная система позволяет проводить динамическое слежение за условиями труда, показателями заболеваемости коллектива и отдельных контингентов, медико-профилактическим обслуживанием. Программа позволяет дать ответ на вопрос — насколько это связано с тем или иным фактором, проводить поэтапное управление экспозицией приоритетного вредного фактора исходя из критериев безопасного стажа работы для конкретных условий труда. Дополнительно рассчитывается наличие в данной производственной группе абсентизма — затянувшегося отсутствия на работе по поводу заболевания и травмы, вызванных неудовлетворительной ситуацией на рабочем месте.

Важным является выявление «лиц риска» — рабочих, для которых дальнейшее продолжение контакта с профессиональными вредностями приведет к развитию профессионального заболевания или значительному ухудшению здоровья. С целью объективизации и обоснованности медицинского заключения предусмотрено создание службы индивидуального прогноза для лиц риска по основным профессиональным заболеваниям. На промышленном предприятии необходимо создание системы своевременного рационального трудоустройства, обеспечивающей социальную защищенность лиц с ранними признаками профзаболеваний. Индивидуальный прогноз лиц риска позволяет определить состояние адаптации каждого лица к вредным факторам производства и выбрать мероприятия по каждому лицу (оздоровление, трудоустройство, диспансеризация, профилактическое лечение). Реализация рекомендаций по приоритетному оздоровлению условий труда, целевой профилактике приведет к тому, что данное лицо не возобновится в списке лиц риска.

Поступила 25.09.2022

## **МЕДИКО-СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ НАРУШЕНИЙ СЛУХА И МЕТОДЫ ИХ КОРРЕКЦИИ У РАБОТАЮЩИХ ВО ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА**

*Хахилева О.О., i-hear@mail.ru,  
Булгакова М.В., bulgakova@irioh.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия

Согласно данным Всероссийского общества глухих, в России около 13 млн людей имеют проблемы со слухом. Около 50 % людей с потерей слуха трудоустроены, но примерно столько же не работают.

Человек со сниженным слухом значительно труднее адаптируется в социуме, ограничен в выборе образования и профессиональной деятельности, сталкивается со специфическими сложностями в межличностном общении не только в семье, но и в трудовом коллективе. Формирование нарушений слуха во взрослом возрасте после завершения образования и становления в профессии создает проблемы для производительности труда. Работники, приобретшие знания и навыки, необходимые

для выполнения своей работы, сталкиваются с трудностями, с коммуникативными барьерами, такими как условия труда и отношение работодателя.

Демографическое старение общества является серьезной экономической проблемой, которая в достаточно короткий срок может привести к реальному дефициту трудовых ресурсов. Поэтому приоритетным направлением является сохранение трудового потенциала работников с патологией органа слуха, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда, их профессионального здоровья и долголетия путем внедрения в практику методов коррекции имеющихся нарушений слуха.

На сегодняшний день доступно большое количество устройств, предназначенных для компенсации некоторых функций, утраченных в результате нарушения слуха. Однако большинство исследований потенциальной эффективности этих устройств основано на лабораторных или клинических исследованиях, а не на оценке фактического функционирования на рабочем месте.

Немногие научные исследования касались вопроса ношения вспомогательных сенсорных устройств на рабочих местах. Поэтому мало известно о масштабах их использования на рабочем месте и связанных с ними рисках и преимуществах.

Данное исследование включало поиск информации у специалистов здравоохранения, производителей, а также обзор научной литературы с целью (1) изучения частоты использования слуховых аппаратов работниками, занятыми на работах с вредными и опасными условиями труда; (2) определить, можно ли использовать слуховые аппараты для улучшения слуха и общения на рабочих местах не ставя под угрозу безопасность; (3) установить, используются ли другие технологии усиления и защиты (например, вспомогательные слуховые устройства, устройства защиты слуха с восстановлением звука) и их вероятную роль в улучшении слуховых качеств на работе; (4) исследовать риск усугубления потери слуха у работников, которые используют слуховые аппараты на шумных рабочих местах, и разработать действенные методы измерения для оценки рисков чрезмерного усиления.

В большинстве случаев задачей специалиста является сохранение остаточного слуха у работников, что может явиться препятствием к использованию слуховых аппаратов в шумной рабочей среде. Наряду с чрезмерным усилением существует беспокойство, что вспомогательные слуховые устройства могут поставить под угрозу безопасность работников, снижая определенные слуховые способности, необходимые для автономного и безопасного выполнения задач на рабочем месте.

Обзор литературы, в том числе о современных технологиях, не позволил сделать четких выводов о риске усугубления потери слуха при использовании слуховых аппаратов или определить действенный, надежный и стандартизированный метод документирования или прогнозирования этого риска. Нет убедительных данных, насколько хорошо слуховые аппараты помогают владельцу локализовать источник звука, но в целом ототопика без них лучше. Текущие научные данные не позволяют нам без сомнения продемонстрировать, что слуховые аппараты способствуют улучшению требуемых слуховых способностей как для автономного выполнения рабочих задач, так и для обеспечения безопасности работников с потерей слуха. С другой стороны, эти данные не позволяют нам с уверенностью сказать, что использование слуховых аппаратов представляет собой риск для безопасности работников. Поэтому необходимо рассмотреть альтернативные или дополнительные варианты ношения слуховых аппаратов.

Следуя в первую очередь принципам предосторожности, на рабочих местах с высокими уровнями шума рекомендуется носить слуховые аппараты по необходимости и только после максимально возможного снижения уровня шума. Важно, чтобы риск чрезмерного усиления и безопасности работников принимался во внимание и контролировался всеми заинтересованными сторонами. В отсутствие четких руководств, основанных на фактах, профессионалам важно координироваться и работать вместе, чтобы определить наиболее подходящие рекомендации для решения задачи сохранения здоровья и безопасности работника и других лиц.

Поступила 12.09.2022

## ЛИПИДНЫЙ ОБМЕН И ЖЕСТКОСТЬ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ У СТАЖИРОВАННЫХ РАБОТНИКОВ ПЫЛЕОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ

<sup>1</sup>Хачатрян К.В., *kareene@mail.ru*,

<sup>1</sup>Казеннов А.Е., *kazennov-ae@mail.ru*

<sup>1,2,3</sup>Серебряков П.В., д.м.н., профессор, *drsilver@yandex.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

С целью оценки показателей липидного профиля и эластических свойств сосудистой стенки у рабочих пылеопасных профессий обследовано 2 группы работников промышленных предприятий мужского пола в условиях клиники ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова». Первую группу составили работники предприятий, подвергающиеся в процессе работы воздействию промышленных аэрозолей (33 чел.), во вторую — работающие вне контакта с производственной пылью (24 чел.).

Всем обследованным проводился анализ биохимических показателей, исследование эластических свойств сосудистой стенки методом объемной сфигмографии на аппарате VaSeraVS-1500N (Fukuda Denchi CO., LTD, Japan). Оценивались показатели скорости распространения пульсовой волны, сердечно-лодыжечного сосудистого индекса, лодыжечно-плечевого индекса, данные лабораторных исследований с использованием методов описательной статистики, достоверность различий — путем расчета t-критерия Стьюдента (критическое значение  $t = 1,96$  при  $p = 0,05$ ) и критерия  $\chi^2$  (критическое значение  $\chi^2 = 3,84$ ;  $p = 0,05$ ).

Обследованные сопоставимы по возрастно-стажевым характеристикам. Средний возраст ( $M \pm SD$ ) в первой группе составил  $52,1 \pm 7,3$  года, во второй —  $55,2 \pm 7,4$  года. Достоверных различий по средним значениям систолического и диастолического артериального давлений, индексу курения не получено. Средние значения индекса массы тела у обследованных в первой и второй группах соответствовали избыточной массе, согласно классификации ВОЗ, и были сопоставимы ( $28,8 \pm 5,7$  кг/м<sup>2</sup> и  $29,9 \pm 5,4$  кг/м<sup>2</sup> соответственно). Достоверных различий в частоте встречаемости ожирения в первой и второй группах не выявлено (33% и 42% соответственно,  $\chi^2 = 0,13$ ;  $p = 0,71$ ).

При оценке лабораторных показателей установлено, что в первой группе отмечались более низкие средние значения уровня мочевины ( $5,2 \pm 0,03$  ммМ/л и  $5,8 \pm 0,09$  ммМ/л;  $t = 6,32$ ;  $p < 0,05$ ), глюкозы ( $6,0 \pm 0,02$  ммМ/л и  $7,0 \pm 0,12$  ммМ/л;  $t = 8,22$ ;  $p < 0,05$ ), липопротеинов низкой плотности ( $3,8 \pm 0,01$  ммМ/л и  $3,9 \pm 0,02$  ммМ/л;  $t = 4,47$ ;  $p < 0,05$ ); при этом уровень общего холестерина и триглицеридов, напротив, достоверно выше в первой группе пациентов, составив  $5,4 \pm 0,01$  ммМ/л и  $5,3 \pm 0,02$  ммМ/л ( $t = 4,47$ ;  $p < 0,05$ ) и  $2,2 \pm 0,05$  ммМ/л и  $1,7 \pm 0,02$  ммМ/л ( $t = 9,28$ ;  $p < 0,05$ ) соответственно. Различий по уровням активности печеночных ферментов, содержанию мочевой кислоты, С-реактивного белка не выявлено.

Установлено, что в первой группе показатели скорости распространения пульсовой волны ( $7,7 \pm 0,04$  и  $8,1 \pm 0,08$  м/с соответственно;  $t = 4,47$ ;  $p < 0,05$ ) и сердечно-лодыжечного сосудистого индекса ( $7,6 \pm 0,04$  и  $7,9 \pm 0,12$  соответственно;  $t = 2,37$ ;  $p < 0,05$ ) были достоверно ниже, чем во второй. Достоверных различий средних значений расчетного сосудистого возраста, лодыжечно-плечевого индекса при проведении осциллометрических измерений в обследуемых группах не выявлено.

При оценке эластических свойств сосудистой стенки у обследованных с наличием ожирения отмечено, что в первой группе при сопоставимых значениях расчетного сосудистого возраста ( $47,9 \pm 9,81$  года в первой группе и  $48,7 \pm 3,26$  года во второй) средние значения скорости распространения пульсовой волны достоверно выше, чем во второй группе ( $8,1 \pm 0,2$  м/с и  $7,4 \pm 0,04$  м/с соответственно,  $t = 3,43$ ;  $p < 0,05$ ).

Таким образом, нарушение липидного профиля отмечено у обследованных в обеих группах. Однако, несмотря на отсутствие достоверных различий по частоте встречаемости ожирения по груп-

пам, при сопоставимых факторах риска «сосудистого старения», у пациентов пылеопасных предприятий с ожирением наблюдается повышенная жесткость сосудистой стенки по сравнению с работниками, не контактирующими в процессе работы с промышленными аэрозолями, что, вероятно, свидетельствует о том, что при наличии ожирения пылевая нагрузка усугубляет нарушение эластических свойств сосудистой стенки.

Поступила 01.09.2022

## СИНДРОМ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА

Чайковская М.А., *chaikovskayamar@gmail.com*,  
Марковский В.О., *markovskiyv4@gmail.com*,  
Корсакова В.И.

Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

Синдром эмоционального выгорания (далее — СЭВ), согласно международной классификации болезней X пересмотра, является патологическим состоянием, имеющим полноценный статус «заболевания» под шифром Z-73 — стресс, связанный с трудностями управления своей жизнью. В данном случае стресс проявляется в виде негативного исхода — дистресса, а именно третьей стадией общего синдрома адаптации — истощения вследствие развития неуправляемой стрессовой реакции.

Важность диагностики СЭВ подтверждается исследованиями, в которых удалось выявить четкую связь между эмоциональным выгоранием и суицидальными наклонностями среди медицинского персонала.

Одно из первых мест среди специальностей, подверженных высокому риску возникновения СЭВ, занимает профессия медицинской сестры. Короткая социальная дистанция в рамках профессиональной деятельности обуславливает сильное влияние как объективных, так и субъективных факторов, вызывающее чувство неудовлетворенности, способствует накоплению усталости.

Личные психологические особенности восприятия возраста и компетенций медицинского персонала обуславливают работу в условиях хронического стресса. Медицинские сестры старше 45 лет имеют «стереотипы о возрастном ограничении» поиска нового рабочего места. Молодые специалисты начинают выполнять работу, связанную с высокой ответственностью, и остро чувствуют «некомпетентность» по причине недостатка опыта. В этом случае симптомы СЭВ могут проявиться уже после шести месяцев работы. Таким образом, особую актуальность вызывает изучение проявления признаков и факторов риска СЭВ у медицинских сестер.

Исследование выполнено на основе системного подхода к изучаемой проблеме с применением следующих методов: гигиенический, наблюдение, описательно-оценочный метод, математико-статистический анализ, психологическое тестирование, социологическое анкетирование, метод теоретического познания (анализ, синтез, факторный анализ).

Проведенное исследование синдрома эмоционального выгорания у медицинских работников включало следующие методики: опросник и шкалы MBI (Maslach Burnout Inventory); ретроспективного анализа состояния здоровья медицинских сестер.

Анализ проводился с использованием пакета статистических программ Statistica 13 (Trial version). Оценка нормальности распределения проводилась с использованием критерия Шапиро — Уилка. В зависимости от характера распределения числовых признаков данные были представлены в виде значения медианы (Me), 25 и 75-го перцентиля: Me (25%; 75%) и среднего значения (M) и его стандартного отклонения (SD). Для сравнительной характеристики признаков использованы непараметрические методы: сравнение двух независимых выборок — U-критерий Манна — Уитни и в случае нормального распределения числовых признаков — t-критерий Стьюдента. Сравнительный анализ качественных показателей (оценка степени выраженности фазы) проводился с использованием  $\chi^2$  с поправкой Йейтса. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Объектом исследования синдрома эмоционального выгорания медицинского персонала явились медицинские сестры отделения реанимации и интенсивной терапии (n = 60). Возраст обследованных составил от 27 до 52 лет (средний возраст —  $28,5 \pm 0,8$  года), стаж работы по профилю —

от 3,5 до 25 лет (средний стаж —  $5,4 \pm 0,9$  года). Были выделены следующие группы сотрудников: 1-я — медицинские сестры отделений реанимации и интенсивной терапии с соматической патологией, 2-я — медицинские сестры отделений реанимации и интенсивной терапии без соматической патологии.

При изучении медицинской документации установлена общая заболеваемость медицинских сестер. Соматическими заболеваниями страдают 70% медицинских сестер. В структуре общей заболеваемости медсестер 45% составляют болезни органов дыхания, 21,7% — болезни органов пищеварения, 17% — сердечно-сосудистые заболевания, 7% — болезни костно-мышечной системы, 7% — эндокринные заболевания и 2,3% — болезни крови. Уровень общего холестерина в крови у 25% медицинских сестер повышен, у 75% уровень холестерина в пределах нормы. Фактор риска — избыточный вес: нормальный вес отмечен у 41% медицинских сестер, у 8% — сниженный вес, у 30,3% — избыточный вес и у 20,7% — ожирение первой степени.

#### *Количественный анализ фаз СЭВ*

I фаза эмоционального истощения в 1-й группе составила 26,9 балла [25,2; 31], что статистически значимо выше ( $p < 0,05$ ;  $Z = 3,392$ ) в сравнении со 2-й группой — 26,7 балла [24,5; 28]. Приблизительно равные значения мы наблюдали при изучении редукции личных достижений (III фаза): показатели 1-й группы — 26,7 балла [21,7; 30,1] и 2-й группы — 27,4 баллов [26,9; 34,8] ( $p < 0,05$ ;  $Z = 3,998$ ). В то же время такой показатель, как деперсонализация (II фаза), в 1-й группе составил 14,2 балла [11,2; 15,1], во 2-й группе — 13,4 балла [10,3; 14,7], т. е. практически не отличались друг от друга,  $p < 0,05$ .

#### *Качественный анализ фаз СЭВ с использованием $\chi^2$ с поправкой Йейтса*

Эмоциональное истощение (I фаза) в 1-й и 2-й группах составил 67 и 30% соответственно ( $p = 0,01$ ). В III фазе — 69 и 40% соответственно ( $p = 0,071$ ). Показатель деперсонализации (II фаза) одинаково определялся как в 1-й группе (50%), так и во 2-й группе (50%), результаты были статистически незначимыми ( $p = 0,797$ ).

Таким образом, одной из первостепенных задач психогигиены труда и отдыха медицинского персонала является проведение своевременной профилактической работы по предупреждению СЭВ.

Поступила 13.09.2022

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ДОБЫЧЕЙ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД**

<sup>1,2</sup>Шайхлисламова Э.Р., к.м.н., доцент, [shajkh.ehlmira@yandex.ru](mailto:shajkh.ehlmira@yandex.ru),

<sup>1</sup>Каримова Л.К., д.м.н., профессор, [iao\\_karimova@rambler.ru](mailto:iao_karimova@rambler.ru),

<sup>1</sup>Бейгул Н.А., к.х.н., доцент, [omt\\_ufnii@mail.ru](mailto:omt_ufnii@mail.ru),

<sup>1</sup>Мулдашева Н.А., [muldasheva51@gmail.com](mailto:muldasheva51@gmail.com),

<sup>1</sup>Фагамова А.З., [alinafagatova@gmail.com](mailto:alinafagatova@gmail.com),

<sup>1</sup>Шаповал И.В., [shapoval-inna@mail.ru](mailto:shapoval-inna@mail.ru),

<sup>1,5</sup>Ларионова Э.А., [larionova.evelina@mail.ru](mailto:larionova.evelina@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Уфа, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа, Россия

Актуальность данного исследования определяется недостаточной изученностью особенностей формирования нарушений здоровья работников, занятых добычей медно-цинковых руд, в целом по предприятию и в отдельных профессиональных группах (персонифицированный риск).

Оценку профессионального риска проводили в соответствии с Руководством Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Согласно результатам оценки условий труда, несмотря на внедрение современного оборудования большой единичной мощности и механизацию основных технологических процессов по добыче

и обогащению медно-цинковых руд, занятость работников во вредных условиях труда оставалась высокой и составляла более 50 %, а в подразделениях, осуществляющих добычу руд открытым и подземным способами, достигала 100 %.

Установлено, что при добыче горного сырья в подземных условиях в комплекс производственных факторов риска, воздействующих на организм работников всех профессиональных групп, входят интенсивно генерируемый технологическим оборудованием шум, выделяющаяся в воздух рабочей зоны пыль медно-цинковой руды (кремния диоксид, содержащийся в руде), вредные химические вещества, неблагоприятный микроклимат, полное отсутствие естественного света (при подземной добыче руд), а также тяжесть и напряженность труда.

Гигиенические исследования показали, что применяемый на подземных участках метод пылеподавления водным способом обуславливает низкое содержание пыли руды в воздухе рабочей зоны. Среднесменные концентрации кремния диоксида не превышали допустимые значения на большинстве рабочих мест.

В рабочих зонах крепильщиков при приготовлении раствора цемента, используемого в торкрет-машинах для набрызгивания его на стены подземных горных выработок с целью их укрепления, в воздушной среде определялись слабофиброгенные аэрозоли силикатсодержащей пыли (цемента). В процессе засыпки сухой цементной смеси и перемешивании ее с водой концентрация силикатсодержащей пыли в воздухе превышала допустимый гигиенический норматив до 2,1 раза.

Используемое в технологическом процессе мощное современное оборудование не только повышает производительность добычи руды, но и увеличивает негативное действие на организм работающего персонала виброакустических факторов. Уровень генерируемого оборудованием шума на рабочих местах всех изученных профессий превышал предельно допустимые гигиенические значения для данной категории работ, причем это характерно как для открытого, так и закрытого способа добычи горной породы. Условия труда по воздействию шума отнесены в вредному классу и варьировались от первой до третьей степени вредности.

Микроклиматические условия в забое определялись пониженной температурой воздуха (от +12 до +16 °С) и повышенной влажностью в связи с пылеподавлением водным способом.

Условия труда работников в подземных выработках характеризовались отсутствием естественного освещения и являлись вредными по данному фактору. Имеющиеся в выработках установки по компенсации ультрафиолетовой недостаточности позволили уменьшить вредность со второй степени до первой (класс 3.1).

Поскольку в добываемых породах имеются в качестве примесей химические соединения, обладающие естественным радиоактивным излучением, на соответствующих подземных участках и в производственных помещениях организован дозиметрический контроль за радиационной обстановкой на рабочих местах. Уровень ионизирующего излучения не превышал установленные гигиенические нормы для данных видов работ.

Полученные данные свидетельствовали о варьировании условий труда от допустимого до вредного класса первой — четвертой степени по каждому из имеющихся на данном рабочем месте производственному фактору.

Общая оценка условий труда для работников основных профессий, занятых добычей рудной породы в подземных условиях, соответствовала третьему вредному классу второй — четвертой степени вредности (3.2–3.4) и средней — сверхвысокой категориям профессионального риска.

В случае добычи рудной породы из открытого карьера на работников воздействовали в основном виброакустические факторы в сочетании с пылью медно-сульфидной руды, неблагоприятным микроклиматом и тяжестью трудового процесса. В этом случае труд работающих отнесен к вредному классу 3.2–3.3 и высокой категории профессионального риска.

За период наблюдения 2011–2021 гг. на предприятии показатель ежегодно регистрируемой профессиональной заболеваемости на 10 000 работающих колебался от 5,60 до 29,31, что соответствовало среднему — высокому уровням профессионального риска, превышая показатели профессиональной заболеваемости по Республике Башкортостан в 10,0–19,0 раз, а по Российской Федерации — 4,5–15,3 раза.

При этом наиболее высокие показатели профессиональной заболеваемости отмечались у проходчиков — 333,0, машинистов экскаватора — 134,5, машинистов буровой установки — 108,1 случаев на 10 000 работающих.

За период наблюдения всего на изучаемом предприятии было зарегистрировано 61 случай профзаболеваний. В структуре накопленной профессиональной заболеваемости преобладали заболевания нервной, костно-мышечной и периферической нервной системы, органов дыхания и слуха.

Наиболее высокий индекс профзаболеваний (далее —  $I_{ПЗ}$ ) был определен для хронического бронхита ( $I_{ПЗ}$  0,50), нейросенсорной тугоухости ( $I_{ПЗ}$  0,33), полинейропатии ( $I_{ПЗ}$  0,33), а также вибрационной болезни ( $I_{ПЗ}$  0,25).

Структура выявленных заболеваний при проведении периодических медицинских осмотров у работников, задействованных в процессе добычи медно-сульфидной руды, определялась следующими основными группами: болезни костно-мышечной (33%), нервной системы (17,6%), болезни органов кровообращения (13,3%), органов дыхания (12,5%) и ЛОР-органов (11,3%).

Определяющая роль факторов рабочей среды и трудового процесса подтверждена у работников в различных профессиональных группах только в отношении болезней костно-мышечной системы (дорсо- и артропатии), системы кровообращения (артериальная гипертензия) и болезней органов дыхания (хронический бронхит), степень профессиональной обусловленности которых по относительному риску составляла от 1,6 до 4,3, что соответствовало средней — очень высокой степеням обусловленности. Частота остальных хронических неинфекционных заболеваний у работников, занятых добычей руды, не отличалась достоверно от аналогичных данных группы сравнения.

Результаты комплексных медико-гигиенических исследований позволили разработать концептуальную модель оценки и управления профессиональным риском нарушения здоровья работников, задействованных в процессе добычи медно-сульфидной руды, базирующуюся на проведении предварительной оценки риска здоровью работающих, реализованного профессионального риска по показателю профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемости и интегральной оценки профессионального риска.

Система управления профессиональным риском предполагает проведение комплекса технических, технологических, организационных, медико-профилактических мероприятий, срочность проведения которых должна определяться установленными категориями профессиональных рисков.

Важным аспектом профилактики является проведение предварительных медицинских осмотров с экспертизой профпригодности, формирование групп повышенного «риска» развития профессиональных заболеваний и диспансерного наблюдения.

Реализация системы будет зависеть от взаимодействия работодателя, работника и медицинской организации, осуществляющей медицинское обслуживание работников горнодобывающего предприятия.

Поступила 29.06.2022

## ЭТИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АЛЛЕРГОПАТОЛОГИИ У РАБОТНИЦЫ ПТИЦЕФАБРИКИ

<sup>1</sup>Шевляков В.В., д.м.н., профессор, shev-vitaliy@mail.ru,

<sup>2</sup>Барановская Т.В., к.м.н., доцент, bartat9@gmail.com,

<sup>3</sup>Иванова Ж.С., 10gkb@list.ru,

<sup>1</sup>Баранов С.А., mfantastikas1992@mail.ru,

<sup>1</sup>Эрм Г.И., к.б.н., erm\_galina@mail.ru

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Учреждение здравоохранения «10-я городская клиническая больница», г. Минск, Республика Беларусь

Регулярно Республиканским центром профессиональной патологии и аллергологии (далее — РЦПиА) (на базе УЗ «10-я городская клиническая больница») клинически диагностируется у работников разных производств аллергия с предполагаемой ее производственной обусловленностью от воздействия главным образом нормированной только по критерию фиброгенного действия или не нормированной пыли биологической природы, или неидентифицированной промышленной пыли. Однако существует проблема установления причинно-следственной связи и подтверждения профессионального характера аллергического заболевания у работников в результате отсутствия или патогенетических гигиенических нормативов, или аттестованных

методик контроля содержания органической пыли в воздухе производственной среды на соответствие ПДК, а также коммерческих алергодиагностических препаратов и систем на основе специфических тест-аллергенов на промышленные вещества-аллергены, поскольку они не производятся.

Толчком в решении этой проблемы послужил известный случай с пациентом, настойчиво требующим установить профессиональный характер бронхиальной астмы от воздействия пыли, образующейся при ремонте электронного оборудования троллейбусов. Тогда комиссией гигиенистов труда и профпатологов было доказано, что отобранная на рабочем месте пыль не содержит белок и не является алергоопасной, а претензии пациента не обоснованы.

В соответствии с поручением Первого заместителя Министра здравоохранения Республики Беларусь Д.Л. Пиневича (с 27 ноября 2020 г. — Министр здравоохранения Республики Беларусь) в республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» (далее — НПЦ гигиены) в течение 2020–2021 гг. в рамках задания 03.06 ГНТП были выполнены исследования по обоснованию и разработке методов отбора на производствах типичных образцов промышленной пыли для лабораторных исследований и получению из нее белоксодержащих экстрактов для их использования в подтверждении диагноза алергопатологии профессионального генеза.

Данные методы были формализованы в инструкциях по применению № 003–1220 «Метод отбора образцов промышленной пыли для лабораторных исследований» и № 007–1121 «Метод получения из промышленной пыли экстракта для диагностики профессиональной алергической патологии и гигиенического нормирования», утвержденных соответственно 28.01.2021 и 28.01.2022 заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь, что позволило обеспечить правомерность применения этих методов в практике учреждений госсаннадзора, РЦПиА и НПЦ гигиены.

Первым примером их эффективного использования является настоящее сообщение.

В январе 2022 г. у работницы птицефабрики был впервые установлен клинический диагноз бронхиальной астмы смешанной формы с предположением ее производственной обусловленности от воздействия пылевого фактора.

Из представленной территориальным ЦГЭ санитарно-гигиенической характеристики условий труда работницы птицефабрики вытекало, что фактические массовые концентрации органической пыли (как смесь аэрозолей смешанного состава) в воздухе рабочей зоны не превышали ранее действовавшие массовые ПДК (10 мг/м<sup>3</sup>), а загрязнения воздуха пылью птицеводческого производства по белковой составляющей или не обнаруживались, или их уровни превышали ПДК (0,1 мг/м<sup>3</sup> по белку) в 1,3–1,6 раза. Следовательно, эти данные подтверждают факт непосредственного контакта работницы с алергоопасной пылью птицеводческого производства, но не убедительны по уровню воздействия для доказательства ее этиологии в алергическом заболевании.

По письменному запросу РЦПиА специалистом отделения гигиены труда ГУ «Гродненский зональный центр гигиены и эпидемиологии» оперативно в соответствии с инструкцией по применению № 003–1220 с технологического оборудования раздачи кормов на рабочем месте пациента — оператора птицефабрик и механизированных ферм бройлерного цеха птицефабрики отобран образец пыли в достаточном количестве для лабораторных исследований (более 2 г), которая была идентифицирована как пыль смешанного растительного-животного происхождения — пыль птицеводческого производства, что отражено в акте отбора образца промышленной пыли.

По направлению РЦПиА в НПЦ гигиены (что предусмотрено п. 22 инструкции по применению № 007–1121) из представленного образца промышленной пыли, должным образом упакованного, маркированного и опечатанного, в соответствии с главой 5 упомянутой инструкции с использованием упрощенного варианта метода экстракции в насыщенный водно-солевой раствор Соса получен экстракт, отвечающий основным требованиям к тест-аллергенам.

Экстракт характеризуется высоким содержанием в стерильном физиологическом растворе высокомолекулярных полипептидов (3,32 мг/см<sup>3</sup>), определяемых методом Лоури в модификации Шактерле — Поллак, прозрачностью и бесцветностью, рН 7,2–7,4. Хранится по 2 см<sup>3</sup> в микропробирках эппендорфах в закрытом виде в морозильнике без применения консервантов.

Переданный по акту приемки-сдачи в РЦПиА экстракт использован в качестве тест-аллергена для постановки у пациента — работницы птицефабрики провокационных патч-теста (аппликационный) и скарификационной кожной пробы.

Результаты патч-теста (гиперемия и отек кожи через 72 часа после постановки аппликационной пробы с экстрактом) и скарификационной пробы с экстрактом (2 плюса) у пациента были положительны при отсутствии кожной реакции при постановке провокационных кожных проб с различными бытовыми алергенами, что подтверждало конкретную этиологическую роль белково-антигенного

комплекса пыли птицеводческого производства в формировании бронхиальной астмы и ее профессиональный генез у работницы птицефабрики.

Фактически четко реализован предусмотренный инструкциями № 003–1220 и № 007–1121 алгоритм отбора в достаточном количестве образца пыли на конкретном рабочем месте и идентификации вида пыли специалистами территориального центра гигиены и эпидемиологии, передача образца по акту отбора РЦПиА, направление образца пыли в НПЦ гигиены, получение из него экстракта с максимально возможным содержанием белково-антигенного комплекса пыли, использование в РЦПиА экстракта в качестве тест-аллергена в диагностике аллергопатологии у пациента и подтверждение этиологической роли конкретного вида пыли в генезе аллергического заболевания, т.е. установление профессиональной аллергической патологии у работника.

Поступила 06.09.2022

## АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ РИСКА НА РАЗВИТИЕ ОЖИРЕНИЯ У РАБОТНИКОВ ПЫЛЕОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Шеенкова М.В., к.м.н., [sheenkovamv@fferisman.ru](mailto:sheenkovamv@fferisman.ru),  
Павлюк О.А., [pavliukoa@fferisman.ru](mailto:pavliukoa@fferisman.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Здоровье населения — краеугольный камень благосостояния страны и процветания экономики государства. В последние годы в научной литературе широко освещаются проблемы нарушения обмена веществ и развития ожирения у работников пылеопасных предприятий. Профилактика ожирения у работающих во вредных условиях и увеличение доли трудящихся, ведущих здоровый образ жизни, — залог профессионального долголетия. Оценка основных модифицируемых факторов риска метаболических заболеваний, своевременное проведение профилактических мероприятий, мотивация к здоровому образу жизни позволяют получить более стойкие результаты в виде укрепления здоровья работающего населения.

Работа проведена с целью выявления особенностей модифицируемых факторов риска развития ожирения среди работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей.

Обследовано 78 работников горнодобывающей и машиностроительной отраслей промышленности, класс труда по пылевому фактору — от допустимого до вредного. Все обследованные — мужчины, средний возраст обследуемых  $52,4 \pm 9,9$  года.

Выявление основных модифицируемых факторов риска развития ожирения включало анкетирование с применением опросника AUDIT (злоупотребление алкоголем), опросника по оценке нерационального питания, применяемого в ходе диспансеризации населения. С целью оценки уровня физической активности работающих граждан применялся вопросник самооценки уровня физической активности. Развитие ожирения оценивалось по показателю абдоминального индекса (окружность талии (далее — ОТ) / окружность бедер (далее — ОБ)).

Связь между фактором риска и исходом оценивалась по показателю отношения шансов (далее — ОШ), рассчитанному с 95%-ным доверительным интервалом (далее — ДИ).

При проведении анкетирования с целью выявления вредных привычек работающих выявлено, что среди обследованных 53,8% употребляют алкоголь, 46,2% алкоголь не употребляют. В ходе интервьюирования с использованием опросника по оценке рационального питания выявлено, что нерационально питаются 65,4% опрошенных, в 34,6% случаев питание было рациональное. По результатам применения вопросника по самооценке уровня физической активности высокий уровень активности определялся у 38% трудящихся, средний — у 13%, низкий — у 49% опрошенных. У 59% респондентов выявлена готовность к изменениям физической активности, 12% — не заинтересованы в изменении образа жизни, 29% — активные люди, для которых текущий уровень физической активности является приемлемым.

При оценке основных антропометрических показателей трудящихся выявлено, что индекс ОТ/ОБ в пределах нормальных значений определялся у 48,3% обследованных, выше нормы — у 51,7% работников.

Выявлено статистически значимое повышение риска развития абдоминального ожирения при употреблении этилового спирта (ОШ = 2,8; ДИ = 1,16–5,25;  $p < 0,05$ ). При анализе взаимосвязи между рациональным питанием и развитием абдоминального ожирения не отмечено статистически значимой закономерности (ОШ = 1,08; ДИ = 0,75–4,02;  $p > 0,05$ ). Риск развития ожирения достоверно выше в группе обследованных с низким уровнем физической активности при сравнении с группой с высоким уровнем физической активности (ОШ = 1,9; ДИ = 1,1–3,4;  $p < 0,05$ ). Достоверных различий по риску развития ожирения между группами с низким и средним, а также средним и высоким уровнем физической активности не отмечалось (ОШ = 0,87; ДИ = 0,64–4,02;  $p > 0,05$  и ОШ = 0,92; ДИ = 0,73–3,48;  $p > 0,05$ ). При анализе взаимосвязи между готовностью изменить уровень физической активности и развитием абдоминального ожирения не выявлено статистически значимых различий между группами работников с различным уровнем мотивации ( $p > 0,05$ ).

Таким образом, у значительной части обследованных выявлена избыточная масса тела или ожирение. Употребление алкоголя повышает риск развития ожирения у работающих в условиях воздействия промышленных аэрозолей. Положительным моментом является готовность большей части исследуемых к изменениям текущей физической активности.

Полученные в результате исследования данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего проведения профилактических мероприятий среди работающих: повышение уровня просвещенности в вопросах укрепления здоровья и приверженности к здоровому образу жизни в целом.

Поступила 05.09.2022

## Раздел 4

# ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. СТАТЬИ

### ИММУННЫЙ ПРОФИЛЬ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С ДИСФУНКЦИЕЙ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ЭКСПОЗИЦИИ ФЕНОЛОМ

*Аликина И. Н., alikina.in@mail.ru,  
Долгих О. В., д. м. н., профессор, oleg@fcrisk.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Пермь, Россия

Воздействие химических факторов среды обитания вызывает разнообразные негативные эффекты практически на все органы и системы человека [1]. По современным представлениям, с одной стороны, химические элементы играют важную роль в биологических реакциях; с другой стороны, концентрация их в организме может быть избыточной или даже токсичной, и тогда они будут относиться к так называемым тяжелым веществам [2]. Основными путями поступления химических элементов и их соединений в организм можно назвать ингаляционный и алиментарный, однако в виде металлоорганических соединений они способны проникать и через неповрежденную кожу [1]. Попадая в кровь и интерстициальную жидкость, химические вещества распределяются по органам и системам, в большей степени поражая так называемые «критические органы», т. е. органы, обладающие наименьшим порогом чувствительности к химическим соединениям. Для большинства химических веществ таковыми «критическими» будут выступать органы и клетки иммунной и нервной систем [3]. Фенолы представляют собой органические соединения, содержащие гидроксильную группу и бензольное кольцо, простейшее из которых называется фенолом, относится к группе веществ 2-го класса опасности. Фенол используется в производстве многих продуктов, включая изоляционные материалы, клеи, лаки, краски, растворители, каучук, чернила, красители, светящиеся газы, духи, мыло и игрушки. Также используется в бальзамирующих и исследовательских лабораториях, содержится в коммерческих дезинфицирующих средствах, антисептиках, лосьонах и мазях. Токсичное воздействие фенола непосредственно связано с концентрацией свободного фенола в крови. Он является общим протоплазматическим ядом, в том числе для клеток центральной нервной системы (далее — ЦНС) [4]. Система иммунитета является высокоспециализированной, сложно регулируемой системой, ее клеточные элементы находятся в состоянии постоянной пролиферации. В этой связи любое токсическое воздействие химического вещества обязательно амплифицируется [3].

Для задач раннего выявления нарушений здоровья детского населения в условиях его длительного пребывания в школьных учебных помещениях, когда формируются условия экспозиции аэрогенными токсикантами, актуальным является изучение особенностей ответных реакций иммунной и нервной систем на их воздействие.

Цель работы — оценить иммунный профиль детей-школьников с дисфункцией вегетативной нервной системы, проживающих и посещающих средние образовательные школы (далее — СОШ) в условиях аэрогенной экспозиции фенолом (на примере г. Перми).

Исследование выполнено на примере детей-школьников, проживающих и посещающих СОШ на территории города Перми. Биомедицинские диагностические исследования у детей выполнены в соответствии с обязательным соблюдением этических принципов медико-биологических исследований, изложенных в Хельсинкской декларации. Критерии включения в исследование: дети школьного возраста (7–9 лет), проживание на исследуемой территории. Критерии исключения: невозможность или нежелание родителей обследуемых детей дать информированное согласие на участие в исследовании. Группу наблюдения составили 35 человек с расстройством вегетативной нервной системы (далее — ВНС) (G90.8). Группу сравнения составили дети (n = 25), здоровые по данному признаку. Группы обследуемых не отличались между собой по гендерному и возрастному составу.

Для выявления воздействия химических факторов среды обитания на состояние здоровья проведено изучение содержания приоритетного загрязняющего вещества (фенол) в атмосферном воздухе. Идентификация фенола в биосреде (кровь) выполнялась на капиллярном газовом хроматографе

«Кристалл 5000» (ЗАО СКБ «Хроматэк», Россия) в соответствии с методическими указаниями «Сборник методик по определению химических соединений в биологических средах», утвержденными Минздравом России от 06.09.1999 № 763–99–4.1.779–99. Идентификацию мембранных (CD284, CD11a) и внутриклеточных маркеров (bcl-2, TNFR) определяли на проточном цитометре FACSCalibur (Becton Dickinson, USA). Лимфоциты выделяли из периферической крови путем центрифугирования в градиенте плотности фиколл-верографин. Оценка содержания цитокинов интерлейкин-4 (далее — ИЛ-4), интерферон-гамма (далее — ИНФ-γ) была проведена методом твердофазного иммуноферментного анализа. Содержание иммуноглобулина G специфического (далее — IgGспец.) к фенолу определено с помощью аллергосорбентного теста с ферментной меткой.

Различия в средних были проверены с использованием критерия  $\chi^2$  на соответствие формы распределений выборки стандарту, а также контролировалось равенство генеральных дисперсий с помощью F-критерия Фишера. В случае отклонения от нормального распределения для сравнения данных использовали непараметрический U-критерий Манна — Уитни. При соответствии данных нормальному распределению использовали t-критерий Стьюдента. Результаты исследования представлены в виде среднего значения (M) и ошибки средней (m) изученных показателей. Во всех процедурах статистического анализа рассчитывался достигнутый уровень значимости (p), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался равным 0,05.

Исследование качества атмосферного воздуха на территории наблюдения показало превышение среднесуточных предельно допустимых концентраций (далее — ПДКс.с.) по фенолу до 1,3 ПДКс.с. (0,008 мг/м<sup>3</sup>) (воздух учебных помещений). Средняя концентрация фенола в крови детей группы наблюдения превышала фоновый региональный уровень (0,012 ± 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), одновременно статистически значимое (p < 0,05) различие наблюдалось при сравнении групп между собой (0,015 ± 0,001; 0,011 ± 0,002 мкг/см<sup>3</sup>).

Результаты сравнения исследуемых иммунологических маркеров с физиологической нормой показали гиперпродукцию клеточного и трансмембранного белков bcl-2 (69,0%), CD11a (7,7%) и IgGспец. к фенолу у 60,7% обследованных с достижением уровня значимости (таблица 1).

В условиях длительной экспозиции фенолом в крови у экспонируемого населения формируются негативные эффекты данного органического соединения со стороны органов-мишеней. Отмечено, что у детей с патологией ВНС, постоянно проживающих на территории наблюдения, статистически значимо увеличено содержание медиаторов иммунной и нервной систем: толл-подобного рецептора CD284 (далее — TLR4), белка bcl-2, интегрина CD11a, ИЛ-4 соответственно в 1,4; 5,4; 1,1 и 4,1 раза, снижен уровень содержания в крови ИНФ-γ в 1,6 раза и рецептора фактора некроза опухоли (далее — TNFR) в два раза (p < 0,05) (таблица 1).

Наблюдалась специфически повышенная чувствительная реакция организма исследуемых детей на содержание фенола в крови (IgGспец. к фенолу) при межгрупповом сравнении, где в группе наблюдения содержание антител было выше почти в 6 раз (p < 0,05).

Таблица 1 — Показатели иммунитета у детей с функциональными нарушениями вегетативной нервной системы

Показатели	Физиологическая норма	Группа наблюдения, n = 35	Группа сравнения, n = 25
TLR4, %	2,70–4,02	3,97 ± 0,23**	2,77 ± 0,29
Bcl-2, %	1,0–1,5	4,46 ± 1,41*,**	0,82 ± 0,45
CD11a, %	2,05–2,95	3,02 ± 0,24*,**	2,86 ± 0,28
TNFR, %	1,0–1,5	0,97 ± 0,11**	1,98 ± 0,91
ИЛ-4, пг/мл	0–4	1,46 ± 0,73**	0,36 ± 0,07
ИНФ-γ, пг/см <sup>5</sup>	0–15	2,69 ± 1,07**	4,38 ± 0,67
IgGспец. к фенолу, у. ед.	0–0,13	0,28 ± 0,09*,**	0,05 ± 0,01

\* статистически достоверное различие с физиологической нормой по непарному t-критерию Стьюдента при p < 0,05;  
 \*\* статистически достоверное различие с группой сравнения по непарному t-критерию Стьюдента при p < 0,05.

В результате нашего исследования было показано, что у детей, избыточно контаминированных фенолом, TLR4 рецептор запускает сигнальный каскад с вовлечением ряда адаптогенных протеинов, что ведет к активации ядерных факторов и последующей продукции цитокинов (ИЛ-4). В свою очередь, ИЛ-4 является антагонистом ИНФ-γ, усиливая апоптоз стимулированных моноцитов, подавляя

продукцию фактора некроза опухоли и в дальнейшем ингибирует цитотоксическую активность Т-лимфоцитов.

ВНС является «приводным ремнем» между ЦНС и органами, системами, помимо гуморальных и нейроэндокринных факторов участвует в регуляции активности иммунитета [5]. Исследование показало, что повышенный уровень фенола в крови основной группы исследования провоцирует появление нарушений не только со стороны нервной системы, но также и иммунной.

Таким образом, у детей-школьников, обучающихся в условиях хронического внешнесредового воздействия фенолом, отмечается гиперэкспрессия медиаторов иммунной и нервной систем, а также избыточная продукция специфических антител класса G к фенолу в ответ на чрезмерную контаминацию биосред данным гаптеном. Мы считаем, что повышенный уровень контаминации биосред и связанные с ней эффекты при идентичных условиях экспозиции обусловлены различной чувствительностью контингента, ассоциированной с генетическим полиморфизмом ферментов детоксикации, что требует проведения дополнительных исследований.

## Литература

1. Общая токсикология / под ред. Б. А. Курляндского, В. А. Филова. — М.: Медицина, 2002. — 608 с.
2. *Онищенко, Г. Г.* Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических элементов / Г. Г. Онищенко, Н. В. Зайцева, М. А. Землянова. — Пермь: Книжный формат, 2011. — 532 с.
3. Environmental toxicants: human exposures and their health effects / ed.: M. Lippmann. — 3rd ed. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. — 1167 p.
4. *Орлов, Д. С.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учеб. пособие / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. — М.: Высш. шк., 2002. — 333 с.
5. *Хаитов, Р. М.* Иммунитет и стресс / Р. М. Хаитов, В. П. Лесков // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. — 2001. — Т. 87, № 8. — С. 1060–1072.

Поступила 09.09.2022

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОПУТСТВУЮЩИХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ СО СКОЛИОЗОМ

*Борисова Т. С., к. м. н., доцент, gdp@bsmu.by,  
Самохина Н. В., gdp@bsmu.by,  
Кушнерук А. В., gdp@bsmu.by*

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

В структуре заболеваемости подрастающего поколения одну из ведущих позиций занимают нарушения костно-мышечной системы, количество которых существенно возрастает в ходе обучения в школе [1, 2]. Наиболее распространенным заболеванием опорно-двигательного аппарата у детей и подростков является сколиоз, которому предшествует нарушение осанки. Осанка оказывает влияние на развитие, состояние и функцию различных органов и систем. Нарушение осанки и сколиоз неблагоприятно влияют на функционирование организма, особенно у детей и подростков. Из-за прогрессирования деформаций позвоночника существенно изменяется деятельность сердечно-сосудистой системы, что ведет к недостаточному снабжению кислородом органов и систем, ухудшая их функциональное состояние.

Целью исследования являлась оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей со сколиозом.

В исследовании приняли участие 77 учащихся 1–5 классов ГУО «Санаторная школа-интернат № 9 г. Минска для детей с заболеваниями костно-мышечной системы и соединительной ткани». Изучение распространенности нарушений сердечно-сосудистой системы как сопутствующей сколиозу патологии проводилось путем ретроспективного анализа данных первичной медицинской документации (справок о состоянии здоровья) поликлинических учреждений здравоохранения г. Минска. Для определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы проведено измерение артериального давления (далее — АД) и частоты сердечных сокращений в покое и после физической

нагрузки (20 мощных приседаний за 30 с) с помощью автоматического тонометра, работа которого основана на осциллометрическом методе. При измерении АД оценивалось артериальное давление систолическое, артериальное давление диастолическое, а также артериальное давление пульсовое. Экономичность работы сердца определялась путем расчета двойного произведения (далее — ДП) и коэффициента экономичности кровообращения (далее — КЭК). Для более объективной оценки мощности сердца и функциональной лабильности сердечно-сосудистой системы рассчитан коэффициент резерва сердца (далее — КРС) с учетом соотношения измеренных в покое и после стандартной физической нагрузки величин ДП и КЭК. Для оценки типа адаптационной реакции и уровня здоровья рассчитан адаптационный потенциал системы кровообращения в покое. Обработка полученных данных проводилась при помощи компьютерной программы Microsoft Excel 2019.

В рамках исследования установлено, что нарушения сердечно-сосудистой системы выявлены у 40,3% детей со сколиозом.

Универсальными индикаторами приспособительных процессов в организме, по которым можно прогнозировать его функциональное состояние и дальнейшее развитие основных функциональных систем, являются показатели гемодинамики [3]. При этом одним из интегральных показателей деятельности сердечно-сосудистой системы, отражающим инотропные свойства сердца, является АД, величина которого соответствует нормативным значениям только у 37,7% обследованных учащихся. Для большинства детей со сколиозом (59,7%) характерно повышенное АД.

Для большинства учащихся санаторной школы-интерната для детей с заболеваниями костно-мышечной системы и соединительной ткани (74% от числа обследованных) характерно наличие нарушений сердечного ритма, проявляющихся чаще всего тахикардией (45,4%). Нарушения сердечного ритма или аритмия сердца возникают в том случае, когда имеет место различного рода дисфункция проведения электрических импульсов, инициирующих сердечное сокращение. При этом аритмии у детей встречаются достаточно часто, но, как правило, не опасны. Физиологическая тахикардия может возникать при физической нагрузке (особенно у малотренированных детей), эмоциональном возбуждении, во время еды, при подъеме температуры тела. Однако хронический их характер может указывать на наличие патологии и требует наблюдения и интерпретации в контексте с другими показателями сердечно-сосудистой деятельности.

Мощность сердца и функциональную лабильность сердечно-сосудистой системы характеризует показатель КРС, который рассчитывается как отношение показателей ДП или КЭК в покое и после стандартной физической нагрузки (таблица 1).

Таблица 1 — Распределение учащихся со сколиозом в зависимости от значения КРС, рассчитанного с учетом регистрируемых показателей ДП и КЭК

Значения	% от выборки (из расчетов ДП)	% от выборки (из расчетов КЭК)
Низкие	76,4	58,3
Средние	23,6	36,1
Высокие	0,0	5,6

Результаты исследования демонстрируют широкую распространенность у детей со сколиозом низких значений КРС, причем оцененных как по показателю ДП (76,4% от числа обследованных лиц), так и по показателю КЭК (58,3%), что указывает на слабую физическую подготовленность или скрытую функциональную недостаточность их сердечно-сосудистой системы.

Функциональная недостаточность сердечно-сосудистой системы существенным образом сказывается на адаптационном потенциале организма. В рамках донозологической диагностики снижение адаптационных возможностей организма рассматривается в качестве ведущей причины возникновения и развития болезни. При этом естественный возрастной процесс снижения адаптационного потенциала организма может значительно ускоряться под воздействием разнообразных внешних и внутренних факторов риска, отдельные из которых при кратковременном резком усилении могут становиться причинными факторами различных расстройств, нарушений и патологических состояний. Однако каждая болезнь имеет свой причинный фактор, а снижение адаптационных возможностей по отношению к конкретным заболеваниям является одним из факторов риска. Такая двойственная природа одного из важнейших показателей здоровья — адаптационных возможностей организма вполне закономерна и обусловлена переходом количественных изменений в качественные. Чем выше адаптационные возможности организма, тем больше ресурсы здоровья и меньше риск возникновения болезни, что обеспечивается надежностью защитных механизмов.

Следовательно, изучение адаптационного потенциала системы кровообращения и его своевременную коррекцию следует рассматривать как базис управления здоровьем подрастающего поколения.

По результатам исследования установлено, что среди обследованных учащихся отсутствуют лица, имеющие достаточные функциональные возможности и ресурсы организма. У большинства детей со сколиозом (62,3%) наблюдается напряжение механизмов адаптации, что соответствует состоянию здоровья ниже среднего. У 36,4% учащихся отмечена неудовлетворительная адаптация и состояние предболезни, а у 1,3% обследованных школьников — срыв механизмов адаптации, состояние болезни, требующие проведения адресных лечебных мероприятий.

Результаты проведенного исследования указывают на широкую распространенность нарушений сердечно-сосудистой системы как сопутствующей патологии у детей со сколиозом. Среди учащихся 1–5 классов ГУО «Санаторная школа-интернат № 9 г. Минска для детей с заболеваниями костно-мышечной системы и соединительной ткани» выявлены неблагоприятные тенденции, характеризующие функциональное состояние системы кровообращения: повышенное АД — у 59,7%, сердечная аритмия (в основном тахикардии) — у 74%; слабая физическая подготовленность и скрытая функциональная недостаточность сердечно-сосудистой системы, подтвержденные показателями ДП — у 76,4% и КЭК — у 58,3%.

Выявленные закономерности и тенденции состояния здоровья обследованных учащихся требуют проведения комплекса профилактических и коррекционных мероприятий, в первую очередь нацеленных на более углубленное обследование, своевременную и качественную диагностику факторов риска развития заболеваний и нивелирование функциональных отклонений путем осуществления оздоровительных мероприятий, включая и элементы адаптивной физической культуры, направленных на повышение адаптационных ресурсов организма школьников, как средства первичной профилактики основных неинфекционных заболеваний населения.

## Литература

1. Белова, О.А. Диагностика и профилактика нарушений опорно-двигательного аппарата у младших школьников / О.А. Белова // Здоровье и образование в XXI веке. — 2012. — Т. 14, № 1. — С. 9–17.
2. Мирская, Н.Б. Факторы риска, негативно влияющие на формирование костно-мышечной системы детей и подростков в современных условиях / Н.Б. Мирская // Гигиена и санитария. — 2013. — Т. 92, № 1. — С. 65–71.
3. Литовченко, О.Г. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей 11–12 лет, проживающих в условиях северного региона / О.Г. Литовченко, А.А. Уханова // Здоровье и образование в XXI веке. — 2019. — Т. 21, № 3. — С. 27–31.

Поступила 05.09.2022

## ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ У ПОДРОСТКОВ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ГИПЕРАКТИВНОСТИ И ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ

Волох Е.В., аспирант, volakhlena@mail.ru,  
Гиндюк А.В., к.м.н., доцент, mprof@bsmu.by,

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Подростковый возраст характеризуется множественными качественными изменениями организма ребенка. Суть этих специфических изменений не только в завершении формирования и совершенствовании функционирования органов и систем растущего организма, но и в кардинальных изменениях организации подростка, выборе форм поведения, социальной интеграции, самоопределении и самореализации личности. Все перестройки организма напрямую изменяют реакции подростка на различные факторы внешней среды, при этом неразвитость сознательной воли препятствует всесторонней оценке данных факторов и учету последствий собственных поступков, способствует подверженности чужому влиянию, что может привести к реализации им деструктивных форм поведения. Формирование в раннем возрасте девиантного поведения, на примере аддиктивного, сопровождается более неблагоприятными последствиями для растущего организма в сравнении

с организмом взрослого человека. В результате употребления веществ, способствующих аддикции, в организме не только нарушается нормальное функционирование всех органов и систем, но и происходят психологические изменения личности: быстрое формирование установок на дальнейшую наркотизацию и одновременная блокировка личностного роста, деформация ценностных ориентаций, нарушение семейных отношений, разрыв связи с ближайшим позитивным социумом, устанавливаются устойчивые отношения с аддиктивным окружением [1]. Аддиктивное поведение является одной из форм отклоняющегося (девиантного) поведения и предполагает использование каких-либо веществ или специфической активности с целью ухода от реальности и получения желаемых эмоций [2].

Распространенность аддикций среди несовершеннолетних является серьезной не только медицинской, но и социальной проблемой. К примеру, употребление подростками психоактивных веществ, в частности наркотических средств, регистрируется в 7 раз чаще, чем среди представителей других возрастных категорий [1]. Проблема зависимостей в подростковом возрасте активно обсуждается научным сообществом и требует пристального внимания не только специалистов клинической медицины, но и врачей гигиенического профиля в части оценки факторов среды обитания, способствующих выбору девиантных форм поведения несовершеннолетними. При этом вероятность развития зависимости выше у тех подростков, которые подвергаются одновременному воздействию нескольких факторов риска [1].

Особенной категорией являются дети и подростки, имеющие признаки синдрома дефицита внимания и гиперактивности (далее — СДВГ). Наличие СДВГ вызывает у ребенка трудности восприятия и усвоения учебного материала, проблемы межличностного взаимодействия, негативизм, реактивные и агрессивные реакции, которые могут приобретать формы отклоняющегося поведения [3, 4].

В данной работе использован социологический метод исследования (длинная родительская шкала Коннерса, шкалы для выявления склонности к отклоняющемуся поведению (А.Н. Орел: 2 варианта с учетом гендерного признака), анкета для оценки поведенческих факторов риска (В.Р. Кучма, И.В. Звездина, Е.И. Иванова) для двух возрастных групп учащихся учреждений образования). Проведение данного исследования согласовано и одобрено Комитетом по биомедицинской этике.

В анкетировании участвовали дети и подростки (193 учащихся учреждений образования в возрасте 12–17 лет), их законные представители и педагогический персонал учреждений образования (классные руководители, воспитатели детских интернатных учреждений образования).

В зависимости от вида учреждения образования и условий воспитания респондентов исследованная выборка подразделялась следующим образом: школьники с семейной формой воспитания — 3,6%, школьники — воспитанники интернатов — 33,2%, студенты — 63,2%. Возрастной критерий позволил разделить выборку на группы респондентов: «дети» — 12–14 лет и «подростки» — 15–17 лет. Структура выборки по возрасту представлена на 20,2% детьми и на 79,8% подростками. Распределение по полу составило 1 : 2 (32,1% юношей и 67,9% девушек).

Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием табличного редактора Microsoft Excel, статистической программы Statistica 10.0.

В ходе данного исследования оценена распространенность СДВГ в представленной выборке, которая составила 42,5%. При этом умеренно выраженные проявления данного синдрома отмечены у 24,4% из них и у 75,6% — выраженные симптомы СДВГ. Среднее значение в баллах по всей выборке составило  $59,3 \pm 2,45$  ( $M \pm m$ ), что является верхней границей нормы, так как при показателе в 61 балл и выше симптомы СДВГ оцениваются как умеренно выраженные.

Для сравнительного анализа особенностей склонности к аддиктивным формам поведения и выявления приверженности вредным привычкам (далее — ВП) выделены две группы респондентов: с отсутствием (группа 1) и наличием признаков СДВГ (группа 2).

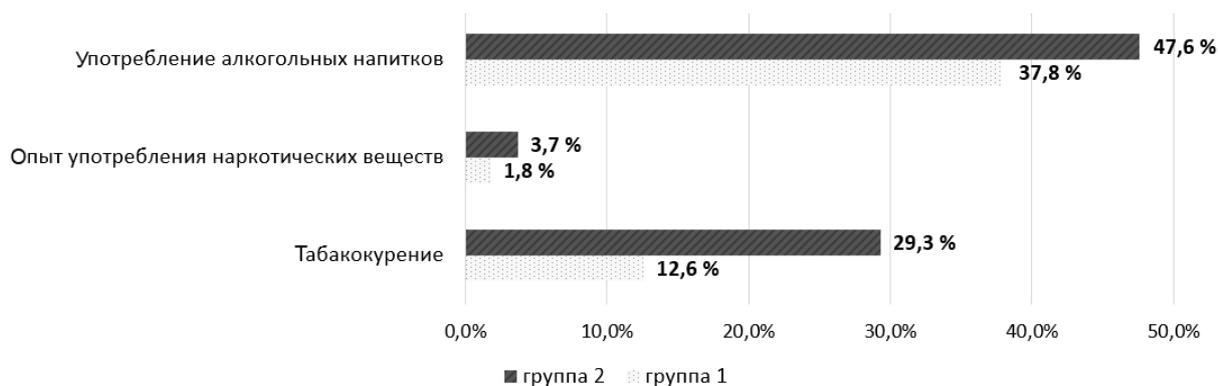
Отмечено, что наличие склонности к аддиктивному поведению в 2,4 раза выше среди респондентов с СДВГ ( $\chi^2 = 9,4$ ;  $p = 0,009$ ). Так, в группе 1 данный показатель составил 11,7%, а в группе 2 — 28,0%. Анализ склонности к нарушению общепринятых в социуме правил также выявил большую долю респондентов, стремящихся к асоциальному поведению, в группе 2 — 57,3% против 31,5% подростков в группе 1 ( $\chi^2 = 16,1$ ;  $p = 0,003$ ). Причем чрезвычайная выраженность преодоления норм установлена у 14,6% и 3,6% представителей групп 2 и 1 соответственно.

Реализация аддиктивных форм поведения в образе жизни подростка начинается с опыта употребления различных запрещенных веществ и приобщения к ним в дальнейшем. В рамках данного исследования проведен мониторинг аналогичных поведенческих факторов риска в образе жизни респондентов.

Сопутствующие аддиктивным склонностям поведенческие факторы риска суммарно выявлены у 92 опрошенных подростков (47,7%). Из них на момент проведения исследования подвержены табакокурению 41,3%, пробовали наркотические вещества 5,4%, употребляют алкоголь с различной

периодичностью 88,0%. Доли респондентов с данными поведенческими факторами риска во всей выборке составили 19,7%, 2,6% и 42,0% соответственно. При этом склонность к зависимым формам поведения выявлена у 18,7% участников исследования.

В результате сравнительного анализа отдельных вредных привычек у подростков с учетом наличия и отсутствия СДВГ установлено, что среди респондентов с признаками данной патологии распространенность ВП выше, чем у здоровых сверстников, и составляет 54,9%, а у половины из них (46,7%) отмечено сочетание 2–3 вредных привычек. У подростков без гиперактивности и дефицита внимания данные показатели составили 42,3% и 21,3% соответственно. Доля респондентов с различными видами ВП с учетом групп исследования отражена на рисунке 1.



**Рисунок 1** — Удельный вес респондентов, подверженных ВП, с учетом наличия и отсутствия СДВГ

Среди респондентов группы 2, употребляющих алкоголь, 5,1% подвержены высокому риску нарушений здоровья вследствие воздействия алкоголя на организм, тогда как в контрольной группе респонденты с высоким риском отсутствуют.

Проведен мониторинг и сравнительный анализ распространенности ВП в группах опрошенных с наличием и отсутствием склонности к аддиктивным формам поведения. Выявлены особенности распространенности поведенческих факторов риска в данных группах участников исследования (таблица 1).

**Таблица 1** — Распространенность основных поведенческих факторов риска среди опрошенных с учетом выявленной склонности к аддикции

Склонность к аддикции	Виды поведенческих факторов риска респондентов			Суммарная подверженность ВП абс., %	Сочетанное влияние 2–3 факторов риска в группе респондентов, подверженных ВП абс., %
	табакокурение абс., %	опыт употребления наркотических веществ абс., %	употребление алкогольных напитков абс., %		
Отсутствие	17 (10,8)	1 (0,6)	57 (36,3)	63 (40,1)	12 (19,0)
Наличие	21 (58,3)	4 (11,1)	24 (66,7)	29 (80,6)	19 (65,5)
Итого	38 (19,7)	5 (2,6)	81 (42,0)	92 (47,7)	31 (33,7)

В результате проведенной работы определены особенности формирования и установлены факторы риска аддиктивного поведения у подростков, страдающих СДВГ. Отмечено, что у представителей данной группы чаще, чем у их сверстников без дефицита внимания и гиперактивности, выявляется склонность к зависимому поведению в сочетании с поведенческими факторами риска, что обосновывает необходимость разработки мер медицинской профилактики с целью снижения вероятности реализации девиантных моделей поведения среди гиперактивных подростков.

## Литература

1. Зарецкий, В.В. Психическое здоровье: нормативное и аддиктивное поведение / В.В. Зарецкий, А.Н. Булатников // Профилактика зависимостей. — 2015. — № 1(1). — С. 1.
2. Егоров, А.Ю. Психология девиантного поведения / А.Ю. Егоров, С.А. Игумнов. — Минск: Адукацыя і выхаванне, 2021. — 448 с.

3. Особенности отклоняющегося поведения детей и подростков с синдромом дефицита внимания и гиперактивности с учетом социально-гигиенических различий / Е.В. Волох [и др.] // Мед. журн. — 2022. — № 3. — С. 65–69.

4. Князева, Т.Н. Динамика стратегий поведения детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности / Т.Н. Князева, Е.В. Сидорова // Современ. проблемы науки и образования. — 2015. — № 1–1. — С. 1554.

Поступила 13.09.2022

## ДИНАМИКА СОМАТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Карпович Н.В., *karpovich-nv@mail.ru*,  
Грекова Н.А., *deti@rspch.by*,  
Полянская Ю.Н., *deti@rspch.by*,  
Пронина Т.Н., к.м.н., *pro\_tanya@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Физическое развитие является одним из критериев, характеризующих состояние здоровья детей и подростков. Изучение показателей физического развития и динамики их изменения во времени является важной составляющей оценки состояния здоровья детей на популяционном уровне; а также актуальные данные необходимы для формирования стандартов, используемых для оценки индивидуального физического развития при выполнении комплексной оценки состояния здоровья ребенка. Ретроспективные наблюдения указывают на существенные изменения в физическом развитии детей и подростков. При анализе многолетней динамики исследователями отмечается увеличение тотальных размеров тела. Наибольшая скорость секулярных изменений по длине тела имела место в 1970–1980-е гг., а в течение 1990-х стабилизировалась. При этом направленность секулярных изменений в большинстве стран совпадает, однако величина и темпы этих изменений имеют существенные региональные различия [1, 2]. Отечественные исследователи подчеркивают сохранение процесса акселерации у городских школьников Беларуси в начале XXI в. [3]. Высокая чувствительность детского организма к влиянию социально-экономических, экологических и других факторов, данные о секулярных изменениях физического развития, чередовании процессов акселерации и ретардации определяют актуальность получения новых данных о физическом развитии современных детей и подростков.

Измерения параметров физического развития детей младшего школьного возраста были выполнены двукратно с интервалом в 10 лет. В 2011–2012 гг. в исследовании приняли участие 553 учащихся (293 мальчика и 260 девочек) 3–4 классов учреждений образования. Возраст детей на момент обследования составлял от 8 до 11 лет (средний возраст  $9,0 \pm 0,1$ ). В 2021 г. в исследовании приняли участие 267 учащихся (146 мальчиков и 121 девочка) 3–4 классов учреждений образования. Возраст детей на момент обследования составлял от 8 до 11 лет (средний возраст  $9,1 \pm 0,1$ ). Все материалы были собраны с соблюдением правил биоэтики, законными представителями школьников подписывалось информированное добровольное согласие на участие в исследовании, данные были деперсонифицированы.

Программа соматометрического исследования включала измерения длины и массы тела, расчет индекса массы тела (далее — ИМТ). В соответствии с едиными критериями, разработанными Всемирной организацией здравоохранения (далее — ВОЗ), оценка показателей длины тела и ИМТ выполнялась индивидуально для каждого обследованного по методу z-scores с учетом среднего значения и стандартного отклонения показателя для детей данного пола и возраста (возраст учитывается с точностью до 1 месяца) [4]. Согласно методике, при Standard Deviation Score — коэффициенте стандартного отклонения (далее — SDS) в пределах от  $-1$  до  $+1$  значение показателя оценивалось как среднее; от  $+1$  до  $+2$  — выше среднего, от  $-1$  до  $-2$  — ниже среднего; более  $+2$  — высокое, менее  $-2$  — низкое. Статистическая обработка полученных данных осуществлена с использованием пакета программ Statistica (StatSoft Inc., USA). При оценке различий между группами при нормальном распределении использован параметрический t-критерий Стьюдента, различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Распределение учащихся в соответствии с z-scores оценкой длины тела представлено в таблице 1.

Таблица 1 — Распределение учащихся по z-scores оценке длины тела, %

Пол	N (количество)	Ниже среднего и низкий SDS < -1	Средний SDS от -1 до +1	Выше среднего и высокий SDS > +1
<b>2011–2012 гг.</b>				
Мальчики	293	4,4	56,7	38,9**
Девочки	260	8,9	61,9	29,2*
Всего	553	6,5	59,1	34,4
<b>2021 г.</b>				
Мальчики	146	2,8	58,9	39,4
Девочки	121	6,6	52,1	41,3
Всего	267	4,5	55,8	39,7
* статистическая значимость различий с аналогичным показателем в 2021 г., p < 0,05;				
** статистическая значимость различий с аналогичным показателем среди девочек, p < 0,05.				

По результатам обследования, выполненного в 2011–2012 гг., установлено, что показатель длины тела у 59,1% обследованных детей находился в диапазоне средних значений для их пола и возраста (56,7% мальчиков и 61,9% девочек). Длина тела выше среднего и высокая была зафиксирована у 34,4% обследованных, чаще среди мальчиков, чем среди девочек (38,9% и 29,2%, p < 0,05). Частота встречаемости длины тела ниже среднего и низкой была существенно меньше — всего 6,5% (4,4% среди мальчиков, 8,9% среди девочек). При этом у 8,7% обследованных (10,6% мальчиков и 6,5% девочек) показатель длины тела по оценке z-scores находился за пределами +2 SDS, что соответствует высокому росту, низкий рост (SDS < -2) встречался существенно реже — только 0,7% обследованных.

При обследовании, выполненном в 2021 г., установлено, что в диапазоне средних значений находился показатель длины тела у 55,8% школьников (58,9% мальчиков и 52,1% девочек). Доля детей с длиной тела выше среднего и высокой увеличилась в сравнении с исследованием 2011–2012 гг. и составила 39,7%. Статистически значимое увеличение показателя наблюдалось среди девочек (с 29,2% до 41,3%, p < 0,05). Частота встречаемости длины тела ниже среднего и низкой снизилась до 4,5% (2,8% среди мальчиков, 6,6% среди девочек). Высокий рост (показатель длины тела > +2 SDS) отмечен у 9,7% обследованных (9,6% мальчиков и 9,9% девочек), низкий рост (SDS < -2) встречался лишь у 0,4% обследованных.

Обращает на себя внимание тот факт, что имевшийся «сдвиг» в распределении показателей длины тела в сторону более высоких значений усилился за истекшее десятилетие, более выраженные изменения наблюдались среди девочек.

Показатель ИМТ традиционно используется для характеристики нутритивного статуса. Согласно рекомендациям ВОЗ, при SDS ИМТ от +1 до +2 констатируется избыточная масса тела, при значении показателя более +2 — ожирение. При низких показателях констатируется пониженное (SDS от -1 до -2) и недостаточное (SDS менее -2) питание. Распределение учащихся в соответствии с z-scores оценкой ИМТ представлено в таблице 2.

Таблица 2 — Распределение детей по z-scores оценке показателя ИМТ, %

Пол	N (количество)	Низкий SDS < -2	Ниже среднего SDS от -1 до -2	Средний SDS от -1 до +1	Выше среднего SDS от +1 до +2	Высокий SDS > +2
<b>2011–2012 гг.</b>						
Мальчики	293	1,7	8,2	55,3	24,2**	10,6*
Девочки	260	3,1	10,8	64,6	15,4	6,2
Всего	553	2,4	9,4	59,7	20,1	8,5*
<b>2021 г.</b>						
Мальчики	146	1,4	4,8**	56,8	17,8	19,2***
Девочки	121	0,8	13,2	58,7	19,8	7,4
Всего	267	1,1	8,6	57,3	19,1	13,9
* статистическая значимость различий с аналогичным показателем в 2021 г., p < 0,05;						
** статистическая значимость различий с аналогичным показателем у девочек, p < 0,05;						
*** статистическая значимость различий с аналогичным показателем у девочек, p < 0,01.						

При анализе результатов обследования 2011–2012 гг. установлено, что значения показателя ИМТ соответствовали средним с учетом пола и возраста у 59,7% обследованных школьников. Значения ИМТ ниже среднего и низкие отмечены у каждого десятого (11,8%), при этом значения ИМТ выше среднего и высокие отмечались в 2,5 раза чаще (29,5%). Значения ИМТ выше среднего чаще встречались среди мальчиков, чем среди девочек (24,2% и 15,4% соответственно,  $p < 0,01$ ).

По результатам обследования, выполненного в 2021 г., средние значения показателя ИМТ имели 57,3% обследованных школьников. Доля школьников со значением показателя ИМТ выше среднего и высоким составила 33,0%, при этом значения ИМТ ниже среднего и низкие фиксировались в 3,4 раза реже — у 9,7% обследованных. Распределение детей разного пола по ИМТ имело статистически значимые различия. Высокие показатели ИМТ, выходящие за пределы +2 SDS, наблюдались среди мальчиков в 2,5 раза чаще, чем среди девочек (19,2% и 7,4% соответственно,  $p < 0,01$ ). Показатели ИМТ ниже среднего, напротив, чаще фиксировались среди девочек — 13,2% в сравнении с мальчиками — 4,8% ( $p < 0,05$ ).

При сравнительном анализе распределения показателей ИМТ в 2011–2012 гг. и в 2021 г. установлено, что число детей с существенным избытком массы тела (значения показателя ИМТ за пределами +2 SDS) статистически значимо увеличилось с 8,5% до 13,9%,  $p < 0,05$ . Более выраженное увеличение частоты встречаемости высоких значений ИМТ наблюдалось среди мальчиков с 10,6% до 19,2%,  $p < 0,05$ .

Таким образом, при соотнесении данных о физическом развитии обследованных белорусских школьников 8–11 лет с разработанными ВОЗ стандартами установлен ряд особенностей. Во время первого обследования, выполненного в 2011–2012 гг., наблюдался «сдвиг» в распределении показателей длины тела и ИМТ в сторону более высоких значений. Доля детей с ростом выше среднего и высоким на момент первого обследования была в 5 раз больше, чем доля детей с ростом ниже среднего и низким. Доля детей со значениями ИМТ выше среднего и высокими была в 2,4 раза больше, чем доля детей с ИМТ ниже среднего и низким.

На момент второго обследования в 2021 г. «сдвиг» в распределении показателей стал еще более выраженным: доля детей с ростом выше среднего и высоким увеличилась с 34,4% до 39,7%, доля детей с показателями ИМТ выше среднего и высокими увеличилась с 28,6% до 33,0%. При этом доля детей с показателями ниже среднего и низкими уменьшилась (с 6,5% до 4,5% для показателей длины тела и с 11,8% до 9,7% для ИМТ).

Анализ полученных данных свидетельствует о наличии региональных особенностей физического развития детей младшего школьного возраста в Республике Беларусь и о сохраняющемся во втором десятилетии XXI в. процессе акселерации.

## Литература

1. Malina, R. M. Secular trends in growth, maturation and physical performance: A review / R. M. Malina // *Anthropological Review*. — 2004. — Vol. 67. — P. 3–31.
2. Година, Е. З. Секулярный тренд: история и перспективы / Е. З. Година // *Физиология человека*. — 2009. — Т. 35, № 6. — С. 128–135.
3. Козакевич, Н. В. Сравнительная характеристика соматометрических показателей городских школьников Беларуси 8–16 лет, обследованных в период с 1925 по 2010–2012 гг. / Н. В. Козакевич, В. А. Мельник // *Проблемы здоровья и экологии*. — 2020. — № 1 (63). — С. 81–87.
4. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents / M. De Onis [et al.] // *Bulletin of the World Health Organization* — 2007. — Vol. 85, № 9. — P. 660–667.

Поступила 14.09.2022

## ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БЕЗОПАСНОМУ ОБУЧЕНИЮ УЧАЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Лангуев К. А., [elka-2008@mail.ru](mailto:elka-2008@mail.ru),

Богомолова Е. С., д. м. н., профессор, [olenabgm@bk.ru](mailto:olenabgm@bk.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Нижний Новгород, Россия

В Российской Федерации (далее — РФ) сформирован и реализуется комплекс стратегических задач, направленных на развитие образования. Приоритетные направления государственной по-

литики в области развития образования определяются нормами Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Указами Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки» и от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.».

С 1 января 2019 г. в РФ реализуется национальный проект «Образование», одной из задач которого является внедрение на уровнях основного общего и среднего общего образования новых методов обучения и воспитания, а также образовательных технологий, обеспечивающих освоение обучающимися базовых навыков и умений, повышение их мотивации к обучению и вовлеченности в образовательный процесс<sup>1</sup>.

В рамках данного проекта с 1 сентября 2020 г. на основании Постановления Правительства РФ от 7 декабря 2020 г. № 2040 в школах начал реализовываться проект «Цифровая образовательная среда» (далее — ЦОС). Главными особенностями нового образовательного пространства к 2025 г. должны стать инновационность и многофункциональность, позволяющие сделать процесс обучения российских школьников удобнее и эффективнее.

В этой связи школьные кабинеты, прежде всего точного и естественно-научного направления, перепрофилируются под классы ЦОС.

Цель исследования — обоснование необходимости профилактики неблагоприятного влияния цифровой образовательной среды на состояние здоровья учащихся на основе анализа имеющейся нормативно-правовой базы и научной литературы.

Исследование выполнено на основе обобщения данных научной литературы с использованием системного подхода.

Согласно Федеральным государственным общеобразовательным стандартам третьего поколения применение цифровых средств обучения (далее — ЦСО), таких как персональный компьютер (далее — ПК), ноутбук, нетбук, компьютерный и графический планшет, предусмотрено с первых дней обучения ребенка в школе. Как свидетельствует педагогическое сообщество, рациональное применение ЦОС в учебном процессе способствует активации умственной деятельности учащихся, оказывает благоприятное воздействие на психоэмоциональное состояние и работоспособность [1, 2]. Однако вместе с этим результаты гигиенических исследований свидетельствуют об ухудшении показателей здоровья детей и подростков в условиях нового учебного пространства [3].

Формирование ЦОС характеризуется комплексом дополнительных факторов, оказывающих негативное влияние на состояние здоровья детей и подростков. Ежедневное воздействие неблагоприятных факторов ЦОС приводит к нарушениям нервно-психического и физического здоровья учащихся [4].

При чтении текста с экрана монитора ЦСО по сравнению с бумажными носителями наблюдается увеличение амплитуды и частоты движений глаз до 2,5 раза [5]. Это связано с тем, что высокая яркость изображения на экране дисплея цифрового устройства вызывает повышенную активацию зрительных центров головного мозга. В свою очередь, это способствует развитию компьютерного зрительного синдрома (далее — КЗС) (Е. Ю. Маркова, И. В. Лобанова, Н. В. Куренкова и др., 2011; С. А. Коротких, А. А. Никифорова, М. С. Андреева, 2017).

КЗС — симптомокомплекс, объединяющий признаки астенопии и синдрома «сухого глаза», возникающий в результате продолжительной работы с ПК и/или другим электронным цифровым устройством (далее — ЭЦУ).

По оценкам исследователей в области офтальмологии, ежедневная работа за ПК и/или иным ЭЦУ более 3 часов в день приводит к развитию КЗС в разных его проявлениях у 64–90 % пользователей. При этом риск развития КЗС повышается при увеличении длительности работы за ПК и/или иным ЭЦУ (Е. И. Сидоренко, Е. Ю. Маркова, А. В. Матвеев, 2009).

Вначале нарушения носят временный характер, но регулярные нагрузки на орган зрения могут привести к сохранению жалоб даже после окончания использования цифрового устройства (С. А. Коротких, А. А. Никифорова, М. С. Андреева, 2017).

Как было отмечено выше, основным проявлением КЗС является астенопия. Астенопические симптомы делятся на глазные, зрительные и общие (М. А. Кузьменко, Е. Л. Потеряева, О. Г. Гусаревич и др., 2010). К глазным относятся раздражение глазных яблок, вялая гиперемия конъюнктивы, чувство «песка», сухости и жжения в глазах, слезотечение. Зрительные нарушения связаны с ухудшением зрения, замедлением перефокусировки с ближних предметов на дальние, появлением «тумана» перед глазами, изменением окраски предметов, появлением диплопии, потемнением в глазах, сни-

---

<sup>1</sup> Указ Президента России № 204 от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

жением зрительной работоспособности и быстрой утомляемостью. К жалобам общего характера относятся головная боль, головокружение, боль в области шеи.

Во время работы электронных устройств создается электромагнитное поле. Кроме того, при их длительной работе имеет место увеличение положительных и недостаток отрицательных аэроионов, что способствует снижению умственной работоспособности учащихся и возникновению астенических симптомов (В.Г. Лерман, П.П. Долгих, 2020). Биофизик и основоположник аэроионификации Александр Чижевский назвал отрицательные аэроионы «витаминами воздуха» (А.Л. Чижевский, 1999). Он утверждал, что воздух, насыщенный такими «витаминами», помогает сохранять бодрость и энергию в человеке.

Следует сказать, что развитие КЗС также зависит от условий использования ЭЦУ: неправильная организация рабочего места и, как следствие, нарушение эргономики зрительного труда (В.В. Бржецкий, 2003).

Структурной единицей образовательного пространства в школе является рабочее место. Оно должно быть удобным, рационально организованным и поддерживать работоспособность учащихся во время учебного дня.

В соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ от 30.03.2016 № 336 «Об утверждении перечня средств обучения и воспитания, необходимых для реализации образовательных программ начального общего, основного общего и среднего общего образования, соответствующих современным условиям обучения» учебные кабинеты ЦОС общеобразовательных организаций оснащаются, как правило, школьной мебелью марки «Цифровая образовательная среда»: двухместными трапециевидными регулируемыми ученическими столами (размер — 600 × 1127 × 570 мм) и стульями на круглой трубе (размер — 38 × 38 × 46 мм). Механизм регулировки — телескопическое соединение с жесткой фиксацией. По отзывам учителей, использование ученических столов в виде трапеций во время уроков позволяет удобно создавать конструкции для совместного (группового) обучения. Одним из главных факторов образовательной среды, оказывающих влияние на формирование костно-мышечной системы, является эргономика рабочих мест.

При несоответствии эргономических параметров происходит превышение адаптационных возможностей организма ребенка, что ведет к возникновению функциональных отклонений и заболеваний. Анализируя исследования, касающиеся гониометрических показателей учащихся, отметим следующее: преимущественное отклонение суставных углов от рекомендуемых значений в сторону сгибания характерно для лучезапястного, коленного и голеностопного суставов, а в сторону разгибания — для локтевого сустава. Для головы, шеи и туловища чаще всего наблюдается избыточный наклон вперед.

Преимущественными причинами отклонения суставных углов ног от рекомендуемых величин являются нерациональная регулировка парт и стульев, неиспользование подставок для нижних конечностей, а также ношение обуви, не способствующей поддержанию оптимального угла в голеностопном суставе. Неправильное положение нижних конечностей оказывает необоснованное давление на мышцы спины, а также снижается циркуляция кровотока (А.В. Абляева, 2020).

Как показывает проведенный анализ научной литературы, динамические паузы на уроках в виде упражнений для формирования навыков двигательной активности, а также гимнастика для глаз в классах основной и средней школы педагогами не организуются. Небольшая двигательная нагрузка, включение двигательных пауз в школьные занятия предупреждают развитие утомления. Динамические паузы на уроках благотворно влияют на восстановление умственной работоспособности, препятствуют нарастанию утомления, повышают эмоциональный уровень настроения учащихся, снимают статические нагрузки (Р.Р. Халфина, Т.В. Тимченко, 2017; В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, 2017).

Электронные цифровые устройства, с одной стороны, повышают эффективность обучения, а с другой, они способны создать неблагоприятные условия, которые могут спровоцировать ухудшение в состоянии здоровья учащихся. Наряду со школьно-обусловленными заболеваниями факторы риска от цифровых устройств способствуют развитию новых патологий, которые ранее выявлялись у взрослых. Внедряемые в деятельность образовательных организаций новые формы профилактической работы не всегда могут решить комплекс существующих проблем. Поэтому в условиях цифровизации образования особое значение приобретает создание современной научно обоснованной практической модели медико-гигиенического обеспечения учащихся в цифровой образовательной среде.

В настоящее время отсутствуют единые гигиенические подходы к безопасному обучению детей и подростков в условиях ЦОС, а также остается незавершенным формирование гигиенических регламентов использования ЦСО.

Рационально-гигиенический режим обучения должен учитывать следующее:

– учебные классы ЦОС необходимо оснастить ионизатором, позволяющим наполнить воздух помещения отрицательно заряженными («здоровыми») ионами, а вместе с этим обезвредить его от патогенных микроорганизмов, аллергенов и нормализовать его по углекислому газу;

- для снятия костно-мышечного напряжения, возникающего из-за вынужденного сидячего положения за компьютерным столом или ученической партой в течение длительного времени, рекомендуется использовать ортопедическую подушку с целью обеспечения правильной осанки позвоночника;
- учебные места должны быть оборудованы подставками для ног. Эргономичное приспособление позволит держать ноги в правильном положении: мышцы не будут затекать, а кровь будет циркулировать правильно;
- во время обучения за компьютерным столом (в том числе в домашних условиях) или за партой с ЦСО локти должны быть расслаблены и находиться в правильном положении (90°). Этому способствуют специальные опорные подставки или коврик для запястья;
- конструктивной особенностью ноутбука или нетбука является жесткое скрепление монитора и клавиатуры между собой, что создает трудности для поддержания оптимальной учебно-рабочей позы. Для оптимизации позы учащихся рекомендуется использовать выносную клавиатуру;
- во всех учебных классах с целью профилактики патологии зрения и костно-мышечного аппарата должны быть информационно-просветительские плакаты «Гимнастика для глаз» и «Комплекс упражнений физкультурных минуток»;
- с целью выявления и предотвращения развития патологий у школьников необходимо продолжить развитие системы школьной медицины, активизировать санитарно-просветительскую и лечебно-профилактическую работу.

## Литература

1. Богомолова, Е. С. Гигиенические аспекты дистанционного образования обучающихся / Е. С. Богомолова, К. А. Лангуев, Е. А. Олюшина // *Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья*. — 2020. — № 3. — С. 35–39.
2. Гатальская, Е. А. Основные этапы модернизации системы образования в России XX века / Е. А. Гатальская // *Пед. журн.* — 2018. — № 6А. — С. 29–35.
3. Бржеский, В. В. Роговично-конъюнктивальный кератит (диагностика, клиника, лечение) / В. В. Бржеский, Е. Е. Сомов. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб., 2003. — 120 с.
4. Саньков, С. В. Гигиеническая безопасность электронной информационно-образовательной среды в современной школе (научный обзор) / С. В. Саньков // *Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья*. — 2018. — № 2. — С. 13–20.
5. Кучма, В. Р. Гигиеническая безопасность жизнедеятельности детей в цифровой среде / В. Р. Кучма, Л. М. Сухарева, П. И. Храмцов // *Здоровье населения и среда обитания*. — 2016. — № 8. — С. 4–7.

Поступила 05.09.2022

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО ГОМЕОСТАЗА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА

<sup>1</sup> Михайлова Л. А., к. м. н., доцент, [mihailova-la@mail.ru](mailto:mihailova-la@mail.ru),

<sup>2</sup> Барановская Н. В., д. б. н., профессор, [nata@tpu.ru](mailto:nata@tpu.ru),

<sup>1</sup> Бондаревич Е. А., к. б. н., доцент, [bondarevich84@mail.ru](mailto:bondarevich84@mail.ru),

<sup>1</sup> Нимаева Б. В., [s407060@yandex.ru](mailto:s407060@yandex.ru)

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Чита, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия

По распространенности и интенсивности заболеваний, связанных с дисбалансом химических элементов в объектах окружающей среды, районы Сибири и Дальнего Востока опережают не только другие регионы Российской Федерации (далее — РФ), но и многие другие страны. Особенности геохимической среды Забайкальского края являются причиной таких эндемических заболеваний, как эндемический зоб, флюороз, молибденовая подагра, кешанская (селенодефицитный микроэлементоз) и урловская (Кашина — Бека) болезни и др. Формирование геохимических аномалий в регионе связано не только

с геологическими особенностями местности, но обусловлено и деятельностью предприятий горнорудной промышленности. За более чем трехсотлетний период освоения месторождений Восточного Забайкалья сформировалось более 80 хвостохранилищ, представляющих собой отходы производства, складированные в виде отвалов вскрышных пород, бедных и некондиционных руд, хвостов флотационного и гравитационного обогащения, продуктов химической переработки руд цветных металлов. При этом необходимо учитывать, что большинство объектов возникли в 1940–1980 гг., находятся вблизи населенных пунктов, а после закрытия горнорудных предприятий в 1990-е гг. не подверглись рекультивации [1].

Отбор проб волос был проведен у 79 детей в возрасте от 5 до 12 лет, постоянно проживающих в г. Чита и юго-восточных районах Забайкальского края. Для проведения исследования было получено разрешение локального Этического комитета ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения РФ. Этические принципы исследования соответствовали принципам Хельсинкской декларации 1975 г. и ее пересмотру 1983 г. Предварительно от родителей получено информированное согласие на проведение обследования. Элементный состав проб был определен методом многоэлементного инструментального нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» на базе исследовательского реактора типового — Томский ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (аттестат аккредитации № RA.RU.21AB27 от 27.05.2015). Было определено содержание 28 химических элементов: (натрий (далее — Na), кальций (далее — Ca), скандий (далее — Sc), хром (далее — Cr), железо (далее — Fe), кобальт (далее — Co), цинк (далее — Zn), мышьяк (далее — As), бром (далее — Br), рубидий (далее — Rb), стронций (далее — Sr), серебро (далее — Ag), сурьма (далее — Sb), цезий (далее — Cs), барий (далее — Ba), лантан (далее — La), церий (далее — Ce), неодим (далее — Nd), самарий (далее — Sm), европий (далее — Eu), тербий (далее — Tb), иттербий (далее — Yb), лютеций (далее — Lu), гафний (далее — Hf), тантал (далее — Ta), золото (далее — Au), торий (далее — Th), уран (далее — U). В связи с тем, что распределение концентраций загрязняющих веществ статистически значимо отличалось от нормального, определялись медиана и интерквартильный размах (Me [Q25; Q75]). Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2007 и PAST 3.25.

При ранжировании содержания элементов в волосах установлено, что группу веществ с максимальной концентрацией в диапазоне от 100,0 до 1000,0 мг/кг составляют Ca, Fe, Zn, Na. В следующую группу входят Cr, Ba, Sr и Br, уровень которых находится в интервале от 1,0 до 10,0 мг/кг. Содержание As, U, Ag, Rb, Ce и Co характеризуется значениями на уровне от 0,1 до 1,0 мг/кг. Концентрации Sr, Sb, La, Nd, Hf, Th определяются в диапазоне от 0,01 до 0,1 мг/кг. Минимальное значение исследуемых элементов в пределах от 0,001 до 0,01 мг/кг выявлено для Cs, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Ta и Au.

Анализ коэффициентов концентрации химических элементов относительно региональных показателей позволил выявить особенности накопления изучаемых веществ в волосах детей и подростков каждого района проживания.

Изучаемая территория характеризуется своеобразной геохимической ситуацией, обусловленной наличием разнообразных и многочисленных месторождений серебро-свинцово-цинковых, золотополиметаллических, вольфрамовых, оловянных, молибденовых руд, многие из которых начали разрабатываться с начала XVIII в. Максимальное количество веществ, содержание которых превышает региональные показатели, выявлено у детей, проживающих в с. Вершино-Шахтаминский (Шелопугинский район) — Na, Ca, Co, Zn, As, Br, Sb, La, Sm, Eu, Yb, Lu, Ta, Au, U, Th, с. Урулюнгуй (Приаргунский район) — As, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Au, U, с. Калга (Калганский район) — Na, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Rb, Sb, Cs, Eu, Tb, U, п. г. т. Шерловая Гора (Борзинский район) — Na, Ca, Cr, Zn, Eu, Yb, Au, U, расположенных в зоне действия геохимических аномалий, формирование которых связано с наличием многочисленных месторождений полезных ископаемых и деятельностью предприятий горнорудной отрасли, а также в краевом центре региона г. Чита — Na, Ca, As, Br, Rb, Sb, Eu, Yb, Au.

Содержание U в биосубстрате, значительно превышающее региональные значения, установлено у детей, проживающих в с. Урулюнгуй, Калга, Вершино-Шахтаминский, п. г. т. Шерловая Гора, связано вероятно, с тем, что данные населенные пункты располагаются в непосредственной близости от разработанных урановых месторождений. В Забайкальском крае выявлено шесть крупных уранорудных районов и имеются техногенные аномалии, связанные с промышленной добычей урана. Регион является крупнейшей ураноносной провинцией страны, где добывается почти 100% U РФ и функционирует единственный комплекс по его добыче и обогащению. Коэффициент концентрации Th в большинстве исследуемых населенных пунктов находится на уровне региональных показателей, при этом необходимо отметить его достаточно высокое значение в с. Тайна (4,8) и незначительно превышающее среднекраевые данные — в с. Вершино-Шахтаминский (1,5). Анализ накопления радиоактивных элементов в волосах свидетельствует о том, что имеются выраженные различия в показателях Th/U соот-

ношения, причем наиболее низкие его значения отмечаются в населенных пунктах Урулюнгуй (0,09), Калга (0,34), Шерловая Гора (0,44), а максимальные величины установлены для г. Чита (7,6), с. Тайна (4,8) и с. Сахюрта (2,2). Низкое значение Th/U соотношения в биосубстратах (волосы, кровь) населения отражает наличие техногенной аномалии в исследуемых районах, формирование которой связано с источником поступления U в окружающую среду, обусловленным добычей и переработкой урановых руд [2]. Таким образом, можно выделить ассоциацию населенных пунктов, которые находятся в зоне действия сформированной геохимической провинции с повышенным содержанием U на территории, расположенной в непосредственной близости от места разработки уранорудного месторождения.

Доказано, что содержание U и Th тесно коррелирует с редкоземельными элементами, поэтому закономерности распределения многих редкоземельных элементов в объектах окружающей среды сходны с данными элементами [2]. В биосубстрате детей, проживающих в с. Вершино-Шахтаминский (La, Sm, Eu, Yb, Lu) и с. Урулюнгуй (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu), выявлено накопление максимального количества редкоземельных элементов. Содержание Eu и Yb, существенно превышающее фон, отмечается в биосубстрате детей, проживающих в г. Чита, п. г. т. Шерловая Гора, с. Калга и Уровские Ключи, — волосы детей накапливают Eu и Tb. В остальных населенных пунктах значения редкоземельных элементов находились на уровне региональных значений или были существенно ниже.

На территории Восточного Забайкалья As является наиболее распространенным элементом, который входит в состав золоторудных, золотополиметаллических и оловополиметаллических руд. Накопление ксенобиотика в объектах окружающей среды интенсивно происходит в условиях горнорудного производства, так как поллютант является индикатором Au, сопутствующим золотоносным образованиям элементом. Исследователями установлено, что концентрации As в почве, воде поверхностных и подземных водоисточников на территории горнорудных районов края значительно превышают гигиенические нормативы. Сложившаяся ситуация обусловлена техногенным прессингом, связанным с разработкой месторождений полезных ископаемых и складированием отходов производства, содержащих токсичные вещества (As, свинец, кадмий, Sb и т. д.), и природными геологическими особенностями местности [3]. Максимальное накопление As в волосах отмечается у детей, проживающих в селах Вершино-Шахтаминском, Сахюрте, Урулюнгуе и г. Чита. Значительное превышение содержания Au над региональными значениями выявлено у детей в г. Чита, п. г. т. Шерловая Гора и селах Вершино-Шахтаминский, Урулюнгуй, Нерчинский Завод. Таким образом, повышенные уровни содержания Au и As в биосубстрате детей и подростков отмечаются в большинстве населенных пунктов.

Для юго-восточного Забайкалья характерно наличие многочисленных разведанных месторождений и рудопроявлений Sb, находящихся на территории изучаемых районов, что, вероятно, находит отражение в показателях элементного гомеостаза. Высокие значения коэффициента концентрации Sb установлены в г. Чита, селах Вершино-Шахтаминский, Урулюнгуй, Уровские Ключи и Калга, для остальных населенных пунктов, за исключением с. Хапчеранга, где уровень токсиканта в два раза ниже регионального, выявлены концентрации элемента на уровне средних показателей. Характерно преобладание содержания Sb над As в биологических средах организма, что обусловлено ее меньшей токсичностью по сравнению с As. Полученные результаты расчета соотношения As/Sb выявили более высокие значения содержания мышьяка по сравнению с сурьмой в волосах детей, проживающих в Хапчеранге, Чите, Сахюрте, Шерловой Горе, Нерчинском заводе, Тайне, Уровских Ключах, тогда как в Вершино-Шахтаминском, Урулюнгуе, Калге данная закономерность не отмечалась (таблица 1).

Таблица 1 — Соотношение содержания As и Sb в волосах

Населенный пункт	As, мг/кг	Sb, мг/кг	Соотношение As/Sb
Чита	0,50 [0,32; 0,5]	0,11 [0,05; 0,11]	4,54
Сахюрта	0,33 [0,08; 0,5]	0,09 [0,05; 0,10]	3,67
Хапчеранга	0,21 [0,16; 0,34]	0,03 [0,02; 0,04]	7,00
Вершино-Шахтаминский	0,42 [0,09; 0,5]	0,41 [0,05; 0,54]	1,02
Шерловая Гора	0,32 [0,16; 0,63]	0,1 [0,05; 0,16]	3,2
Урулюнгуй	0,50 [0,50; 0,50]	0,49 [0,04; 0,94]	1,02
Калга	0,17 [0,08; 0,28]	0,17 [0,04; 0,52]	1,00
Нерчинский Завод	0,24 [0,18; 0,28]	0,08 [0,05; 0,09]	3,00
Уровские Ключи	0,21 [0,19; 0,27]	0,12 [0,07; 0,16]	1,75
Тайна	0,21 [0,11; 0,32]	0,07 [0,05; 14]	3,00

Содержание Ag, в 2,3 раза превышающее региональные значения, выявлено в с. Уровские Ключи, в то время как на остальных территориях его концентрация была существенно ниже (Чита, Шерловая Гора, Сахюрта, Урулюнгуй, Хапчеранга) или была близка к ним. Установлено совпадение ареалов избыточного содержания Au, Ag и Sb в биосубстрате по сравнению со средними значениями, что может свидетельствовать о наличии скрытого оруденения Au-Ag-Sb типа в глубоко залегающих породах рудных полей изучаемых районов [2].

В волосах детей, проживающих в населенных пунктах, расположенных в пределах района распространения уровской болезни (с. Тайна, Уровские Ключи, Нерчинский Завод), установлено значение коэффициентов концентрации на уровне средних значений для элементов группы Fe (Fe, Cr, Co), As и Zn, при этом отмечаются низкие показатели для Sr. Соотношение Ca/Sr составляет 0,46, что характеризует изучаемую территорию как эндемичную по уровской болезни, в то же время данный показатель для населенных пунктов Тайна и Нерчинский Завод находится на уровне 9,64 и 4,82 соответственно.

При анализе коэффициентов концентрации элементов группы Fe (Fe, Cr, Co) выявлено превышение в населенных пунктах Вершино-Шахтаминский содержания Co, Калга — Cr и Fe при крайне низких значениях в с. Урулюнгуй. Для Zn значения показателя превышают региональный уровень в с. Вершино-Шахтаминский, Шерловая Гора, Калга. Вариабельность элементного статуса детского населения г. Чита обусловлена антропогенным воздействием, связанным с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, снежного покрова и почвы химическими элементами, и характеризуется высокими значениями коэффициента концентрации As, золота, Sb, Co, Eu, Yb и низкими — Fe, Cr, Zn, Hf, Ca и Ag по сравнению с фоновыми показателями.

Проведенное исследование по изучению элементного гомеостаза детского населения выявило особенности распределения и накопления химических элементов, которые свидетельствуют о формировании природных (естественных) и техногенных (искусственных) геохимических аномалий на изучаемых территориях.

## Литература

1. Состояние почвенного покрова в районах техногенных биогеохимических аномалий Забайкалья / Е.А. Бондаревич [и др.] // Успехи современного естествознания. — 2020. — № 3. — С. 57–64.
2. Влияние техногенеза на формирование элементного состава волос детского населения / Д.В. Наркович [и др.] // Изв. Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. — 2016. — № 8. — С. 116–128.
3. Солодухина, М.А. Мышьяк в ландшафтах Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) / М.А. Солодухина, Г.А. Юргенсон. — Чита: ЗаБГУ, 2018. — 175 с.

Поступила 05.09.2022

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Мыльникова И.В., д.м.н., доцент, [inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com](mailto:inna.mylnikova.phd.ms@gmail.com),

Ефимова Н.В., д.м.н., профессор, [medecolab@inbox.ru](mailto:medecolab@inbox.ru),

Кудаев А.Н., аспирант, [andrej\\_baikal@mail.ru](mailto:andrej_baikal@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Россия

Концепция развития детско-юношеского спорта до 2030 г. предполагает, что систематические занятия в детском и подростковом возрасте позволят сохранить и укрепить здоровье нового поколения российских граждан, готовых принять вызовы современности. К числу важнейших направлений по реализации концепции относится медицинское сопровождение юных спортсменов, мониторинг состояния здоровья и адаптации к нагрузкам детей, систематически занимающихся спортом. Для решения поставленных задач необходимо выполнение научно-исследовательских работ по оценке в интересах развития детско-юношеского спорта и его медицинского обеспечения, профилактики заболеваний. Поэтому требуется проведение дополнительных клинических исследований состояния здоровья детей и подростков.

Заслуживает внимания тот факт, что дети, занимающиеся спортом профессионально, подвергаются влиянию комплекса различных факторов спортивной, школьной и окружающей среды. При этом программы обучения детей в специализированных детско-юношеских спортивных школах и общеобразовательных организациях разрабатываются в соответствии с федеральными стандартами и являются сходными для различных регионов. Тогда как уровень загрязнения объектов окружающей среды значительно различается даже в пределах одного региона. Так, проведенная ранее оценка химического загрязнения объектов среды обитания в городах и районах Иркутской области позволила выявить территории высокого,стораживающего, приемлемого уровня риска для здоровья населения [1]. Принимая во внимание тот факт, что сердечно-сосудистая система (далее — ССС) наиболее чувствительна к неблагоприятному влиянию факторов среды обитания, представляется важным исследовать показатели кардиогемодинамики у юных спортсменов территорий высокого и приемлемого риска для здоровья [2]. На основании изложенного проведено исследование с целью изучения функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы юных спортсменов, проживающих в городах с различным уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

В результате проведенной раньше оценки загрязнения объектов окружающей среды на территориях Иркутской области выявлен высокий уровень риска для здоровья населения в г. Ангарске,стораживающий — в г. Саянске. Приоритетный вклад в величину риска составляют химические вещества, поступающие в организм ингаляционным путем [1]. На основании изложенного обследованы юноши 14–16 лет, занимающиеся 3–5 лет в специализированных детско-юношеских спортивных школах г. Ангарска (1-я группа, n=60) и г. Саянска (2-я группа, n=35). Исследование проведено с письменного информированного согласия родителей/опекунов.

Функциональное состояние и адаптивные возможности ССС изучены по результатам выполнения степ-теста — восхождения на ступеньку в течение 2 минут с частотой 60 подъемов в 1 минуту [4]. По динамике показателей частоты сердечных сокращений (далее — ЧСС, уд./мин), систолическому (далее — САД, мм рт. ст.) и диастолическому артериальному давлению (далее — ДАД, мм рт. ст.) в покое, после нагрузки и в период восстановления определен тип реакции ССС на физическую нагрузку (нормотонический, гипотонический, гипертонический, дистонический и ступенчатый). Рассчитаны показатели: пульсовое давление (далее — ПД, мм рт. ст.); ударный (далее — УОК, мл/мин) и минутный объемы кровообращения (далее — МОК, мл/мин); двойное произведение (индекс Робинсона) (далее — ИР, у. ед.).

Результаты исследования обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Оценка нормальности распределения проведена по критерию Колмогорова — Смирнова, рассчитаны параметрические показатели: M — среднее арифметическое; m — стандартная ошибка среднего арифметического; P — частота изучаемых явлений на 100 обследованных; p — ошибка частотного показателя. Достоверность различий между показателями у юношей 1-й и 2-й групп оценивали по T-test for Independent Samples. Критической величиной значимости считали  $p < 0,05$ .

*Особенности кардиогемодинамики у юных спортсменов, проживающих в городах с различным загрязнением атмосферного воздуха.* Оценка результатов пульсометрии в покое показала, что удельный вес юных спортсменов с нормотонией в 1-й группе ( $25 \pm 5,6\%$ ) в 1,7 раза меньше, чем во 2-й группе ( $42,8 \pm 8,4\%$ ). Доля детей с нарушениями сердечного ритма в 1-й группе составила  $56,7 \pm 6,4\%$ , во 2-й —  $57,1 \pm 8,4\%$ . При этом спортсменов с брадикардией в 1-й группе было в 1,2 раза меньше, чем во 2-й ( $37,1 \pm 8,2\%$  против  $31,7 \pm 6\%$ ). Обращает внимание, что удельный вес детей с тахикардией в 1-й группе по сравнению со 2-й был в 2,1 раза больше ( $43,3 \pm 6,4\%$  против  $20,1 \pm 6,8\%$ ;  $p = 0,05$ ).

Эластические свойства магистральных сосудов и функции левого желудочка сердца позволяет оценить ПД. Оценка значения ПД среди обследованных детей выявила соответствие возрастным нормативам у  $5 \pm 2,8\%$  детей 1-й группы и  $17,2 \pm 6,4\%$  — во 2-й ( $p = 0,05$ ). Анализируемый показатель был выше возрастных норм у  $35 \pm 6,1\%$  юных спортсменов 1-й группы в среднем на  $11,2 \pm 1,8$  мм рт. ст., у  $37,1 \pm 8,2\%$  детей — 2-й группы на  $7,8 \pm 1,7$  мм рт. ст. Высокое пульсовое давление считается независимым фактором риска заболеваний сердечно-сосудистой и мочевыделительной систем. Влияние систематических занятий спортом на величину пульсового давления несомненно, поэтому вызывает интерес неоднозначное влияние систематических занятий спортом на диаметр и жесткость аорты. Эти характеристики значительно выше у спортсменов, занимающихся силовыми тренировками, в то время как растяжимость аорты выше у спортсменов, занимающихся игровыми видами спорта, по сравнению со здоровыми людьми того же возраста и пола [4]. Поэтому необходим анализ комплекса гемодинамических показателей юных спортсменов, проживающих на территориях с различным уровнем загрязнения воздушной среды и, следовательно, риска для здоровья.

Для оценки насосной функции сердца исследованы показатели центральной гемодинамики — УОК и МОК. У значительной доли обследованных детей выявлено превышение значений УОК

по сравнению с нормативными значениями для юных спортсменов: в 1-й группе — у  $46,7 \pm 6,4\%$ ; во 2-й группе — у  $47,8 \pm 8,4\%$ . Величина УОК ниже возрастной нормы определена у  $23,3 \pm 5,4\%$  юных спортсменов 1-й группы и  $17,1 \pm 6,4\%$  детей 2-й группы. Сопоставление с нормативными значениями для спортсменов данного возраста и пола выявило превышение значений МОК у  $40 \pm 8,3\%$  и  $56,7 \pm 6,4\%$  юношей 1-й и 2-й групп соответственно. Величина анализируемого показателя была ниже нормативных значений у  $37,1 \pm 9,2\%$  и  $20 \pm 5,2\%$  юношей 1-й и 2-й групп.

Представляет интерес оценка значений ИР, характеризующего систолическую работу сердечной мышцы, что отражает регуляторные процессы в миокарде и таким образом дает возможность оценивать резервные возможности кардиогемодинамики. Среди юношей 1-й группы в 2,2 раза меньше, чем во 2-й группе, удельный вес юных спортсменов, у которых значения ИР соответствуют уровню выше среднего, высоким аэробным возможностям и оптимальному функциональному состоянию ССС. У  $31,7 \pm 6\%$  и  $22,8 \pm 7,1\%$  юных спортсменов 1-й и 2-й групп величина ИР находится в диапазоне значений среднего уровня, что указывает на недостаточность функциональных возможностей ССС. «Низкий» уровень значений ИР, свидетельствующий о наличии признаков нарушения регуляции деятельности ССС, определялся у юношей 1-й группы в 1,5 раза чаще, чем во 2-й ( $48,3 \pm 6,4\%$  против  $31,5 \pm 7,8\%$ ).

Для уточнения функционального состояния ССС юных спортсменов, проживающих на территориях с различным уровнем загрязнения воздушной среды, проведена *оценка результатов степэргической нагрузки*. Отмечено, что удельный вес юных спортсменов с восстановительной функцией ССС в пределах нормы по показателям САД, ДАД в 1-й и 2-й группах имеет сопоставимые значения ( $38,3 \pm 6,3\%$  и  $65,7 \pm 8\%$  соответственно). Обращает внимание, что удельный вес юных спортсменов с восстановлением ЧСС, САД более 5 минут был достаточно высок как в 1-й, так и во 2-й группе и составил  $61,7 \pm 6,3\%$  и  $34,3 \pm 8\%$  соответственно. Вызывает интерес, что «отрицательная фаза» пульса в восстановительном периоде выявлена у  $30 \pm 8,4\%$  юных спортсменов 1-й группы и  $8,6 \pm 4,2\%$  — во 2-й группе. Интерпретирование феномена «отрицательной фазы» пульса до настоящего времени является противоречивым. Ряд авторов относят данный феномен к врожденным особенностям ССС. Получила признание также оценка «отрицательной фазы» как неблагоприятного признака, свидетельствующего о переутомлении, патологии и неудовлетворительной реакции ССС на физическую нагрузку [5].

Полученные данные позволяют предположить, что среди обследованных детей наблюдаются различные варианты адаптации сердечно-сосудистой системы не только к физической, но и химической нагрузке. Поэтому в одном случае это будет оптимальная аэробная производительность ССС юных спортсменов. В других случаях речь может идти о нерациональной адаптации к спортивной деятельности, сопровождающей развитие так называемого гипозволютивного сердца и развитие компенсаторной гипертрофии «перетренированного сердца». Кроме того, важно учитывать формирующиеся в результате продолжительных занятий спортом изменения деятельности вегетативной нервной системы (далее — ВНС), регулирующие работу ССС. Развивающееся преобладание парасимпатического отдела ВНС определяет экономную работу сердца.

Ограничение результатов проведенного исследования связано с необходимостью детального изучения состояния ССС на индивидуальном уровне с учетом спортивного стажа, направленности тренировочного процесса, периода тренировочного цикла, этапа спортивной подготовки. Поскольку циклические виды спорта, в отличие от силовых, способствуют повышению выносливости сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам. Подробного исследования требует влияние загрязнения атмосферного воздуха и, соответственно, изучение таких моментов, как структура загрязнения, продолжительность пребывания на открытом воздухе (тренировки, прогулки, дорога в школу и домой).

Проведенное исследование реакции ССС на физическую нагрузку у юных спортсменов, проживающих в городах с различным уровнем загрязнения атмосферного воздуха, свидетельствует о наличии односторонних отклонений в функциональном состоянии ССС у детей 1-й и 2-й групп. При этом изменения функционального состояния ССС более выражены у юных спортсменов 1-й группы. О снижении функциональных возможностей ССС юных спортсменов в условиях загрязнения атмосферного воздуха свидетельствуют тахикардия, повышенное пульсовое давление, УОК и МОК, что формирует повышенную сопротивляемость сосудов. «Низкий» уровень значений ИР подтверждает наличие признаков нарушения регуляции деятельности ССС у детей 1-й группы. Достоин упоминания тот факт, что при совпадении уровней некоторых показателей кардиогемодинамики у обследованных детей разных групп восстановительные возможности у детей 2-й группы выше, чем у детей 1-й группы.

Таким образом, у детей, проживающих в городе с нарастающим уровнем риска для здоровья, реакции ССС на нагрузку свидетельствуют о достаточных адаптивно-приспособительных возможностях. Тогда как высокий ингаляционный риск для здоровья юных спортсменов реализуется в функциональном напряжении сердечно-сосудистой системы, в том числе при дополнительной нагрузке. Полученные данные свидетельствуют об актуальности совершенствования методических

вопросов контроля за режимом и интенсивностью спортивных занятий юных спортсменов на территориях с высоким риском для здоровья, обусловленным загрязнением атмосферного воздуха.

### Литература

1. Оценка химического загрязнения и риска для здоровья населения Иркутской области / Н.В. Ефимова [и др.] // География и природные ресурсы. — 2016. — № S6. — С. 99–103.
2. Герман, С.В. Загрязнение атмосферного воздуха как фактор риска болезней системы кровообращения / С.В. Герман, А.В. Балакаева // РМЖ. Медицинское обозрение. — 2021. — № 5(4). — С. 200–205.
3. Захарченко, М.П. Диагностика в профилактической медицине / М.П. Захарченко, В.Г. Маймулов, А.В. Шабров. — СПб.: Изд-во Междунар. фонда истории науки, 1997. — 513 с.
4. Hashimoto, Y. Arterial Stiffness and Left Ventricular Diastolic Function in Endurance Athletes / Y. Hashimoto, T. Okamoto // Int. J. Sports Med. — 2021. — Vol. 42, № 6. — P. 497–505.
5. Вахитов, И.Х. Реакция насосной функции сердца юных гимнастов на нагрузки: монография / И.Х. Вахитов, Р.С. Халиуллин. — Казань: КФУ, 2015. — 210 с.

Поступила 05.09.2022

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ АНКЕТИРОВАНИЯ ВЗРОСЛОГО И ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ПО ВОПРОСАМ ПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЬЮ ИНТЕРНЕТ

Нечай С.В., [obl@mcge.by](mailto:obl@mcge.by),  
Булай А.А., [obl@mcge.by](mailto:obl@mcge.by),  
Петерсон Н.Л., [zoz.obl@mcge.by](mailto:zoz.obl@mcge.by),  
Богданова М.А., [zoz.obl@mcge.by](mailto:zoz.obl@mcge.by)

Учреждение здравоохранения «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Могилев, Республика Беларусь

За последнее десятилетие интернет стал неотъемлемой частью жизни для большинства населения. Сегодня любой современный человек хоть раз в день для общения, работы или просто поиска нужной информации посещает сети Всемирной паутины. Безусловно, интернет имеет огромное значение в современном мире и приносит большую пользу человечеству как неиссякаемый источник информации, доступный способ приобретения навыков и знаний, как незаменимый помощник в работе и бизнесе, как средство проведения и планирования досуга, как место для знакомств и способ поддержания связи. Интернет облегчает выбор и покупку необходимых товаров и услуг, а также позволяет экономить на их приобретении. Можно долго перечислять плюсы интернета, но, к сожалению, есть и обратная сторона медали — это интернет-зависимость.

Интернет-зависимость — болезнь XXI в. Она приводит человека к стремлению постоянно находиться в Сети, к неспособности контролировать свои чувства. Интернет-зависимость — навязчивое стремление использовать интернет и избыточное пользование им, проведение большого количества времени в Сети. [1].

С целью изучения проблемы интернет-зависимости, степени распространенности среди населения и особенностей этого явления специалистами УЗ «Могилевский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» в апреле 2022 г. было проведено социологическое исследование методом анкетного опроса среди школьников 3–11-х классов учреждений общего среднего образования (опрошено 430 учеников 3–4 классов и 763 старшеклассника) и взрослого населения области (926 респондентов) на тему: «Жизнь оН-лайн — здоровье оФ-лайн».

Исследование показало, что 93,9% взрослого населения, 97% учеников старших классов и 96,5% учеников начальной школы имеют мобильный телефон, компьютер или планшет с доступом к сети Интернет.

Анализ результатов анкетирования показал, что цели пользования Всемирной сетью отличаются у респондентов в зависимости от возраста и пола. Ученики начальной школы чаще всего используют интернет для просмотра видеороликов, блогов и мультфильмов (53,2%), игр (50,4%), а также общения в социальных сетях (43,2%). Среди старших школьников 53,4% уверяют, что интернет им чаще

всего нужен для учебы (поиск нужной учебной информации); на втором месте (51,4%) рейтинга целей — развлечения и досуг (музыка, видео, блоги, фильмы); замыкает тройку лидеров общение в социальных сетях (43,6%).

Две трети (60,5%) взрослых пользователей Всемирной паутины ищут там интересующую информацию, 41,3% смотрят новости, 40% являются активными участниками социальных сетей.

Мальчики чаще предпочитают играть в Сети, девочки — общаться в социальных сетях, смотреть видео и слушать музыку. По мере взросления досуг в Сети (видео, музыка, фильмы) все чаще становится «мужским» занятием. Мужчины чаще женщин смотрят новости в интернете и играют в 3 раза чаще женщин. Женщины же больше «специализируются» на общении в социальных сетях, поиске информации, входящей в сферу интересов, и онлайн-покупках.

По данным исследования, каждый шестой (17,9%) ученик начальной школы пользуется интернетом не каждый день, 2,1% — вообще туда самостоятельно не заходят. Менее часа в день в Сети проводят 23,7% маленьких респондентов; каждый третий (33,1%) — 1–2 часа; от 3 до 4 часов — 12,9%; более 4 часов — 5,9%; практически всегда «сидят в интернете» — 4,4%. На вопрос «Если бы тебе разрешили пользоваться телефоном или компьютером, сколько захочешь, то сколько бы времени ты провел там?» 4,3% ребят ответили, что несколько, так как им это неинтересно; 30,8% провели бы менее часа; 40,6% — несколько часов; 12,6% — полдня; 5,9% — целый день; 5,8% — целый день и даже ночь.

Старшие школьники посещают глобальную сеть чаще младших: 6,1% — бывают там не каждый день; 8% — менее часа; 1–2 часа — 27%; 3–4 часа — 30,3%; 5–6 часов — 12,2%; 7–8 часов — 4,5%; более 8 часов — 5,3%; практически всегда в Сети — 6,6%.

Взрослое население также много времени проводит в сети Интернет: 8,7% утверждают, что никогда не пользуются им; не каждый день пользуются глобальной сетью — 6,5%; менее часа — 9,3%; 1–2 часа — 30,9%; 3–4 часа — 23%; 5–6 часов — 9,3%; 7–8 часов — 3,4%; более 8 часов — 3,4%; практически всегда в интернете — 5,4% (1,9% из них объясняют это работой).

Анализ времени посещения Всемирной сети «активными пользователями» показал, что младшие школьники проводят в интернете в среднем 2,2 часа, старшеклассники — 3,9 часа; взрослые — 3,4 часа. Для всех представленных выборок отмечается более длительное времяпрепровождение в сети Интернет среди мужского населения.

Анализ ответов младших школьников, проводящих в сети Интернет более 3 часов, а также ответов старшеклассников и взрослых, находящихся в сети более 6 часов, установил, что учеников начальной школы чаще «затягивают» игры и просмотр видео; учеников постарше — общение в социальных сетях и мессенджерах, а также развлечения глобальной сети (музыка, блоги, фильмы, видео и т.д.). У взрослых лидирует поиск интересующей информации и интернет-досуг.

Старшеклассники и взрослые пользователи сети в рамках исследования были опрошены о том, всегда ли им удается контролировать время, проведенное в сети Интернет. Вопрос для школьников звучал так: «Приходилось ли тебе тратить на „зависание“ в интернете время, отведенное для учебы и домашних дел?». «Часто» такая ситуация случается у 10,6% опрошенных; «иногда» — у 57,5%; «никогда» — у 31,9%. Таким образом, две трети школьников периодически попадают в ситуацию, когда попросту теряют ощущение времени, проведенного в сети, что является одним из признаков интернет-зависимости. При этом каждый десятый респондент утверждает, что очень часто ловит себя на мысли, что слишком много времени проводит за современными гаджетами, более половины иногда сталкиваются с таким же пониманием.

Что же касается совершеннолетних жителей области, то каждый пятый респондент (20%) отметил, что очень часто остается в сети Интернет дольше, чем намеревался. У 47,9% такая ситуация возникает время от времени, остальные могут контролировать себя. При этом 8,8% опрошенных (11,7% мужчин и 6% женщин) признались, что регулярно игнорируют профессиональные и/или домашние обязанности, чтобы подольше провести время в сети. Иногда такое случается у 37% респондентов. Пытались бороться с этой проблемой, но безуспешно 11,4% респондентов; удалось сократить время пребывания в интернете в последнее время 29,1%.

Очень часто, окунаясь с головой в сети Всемирной паутины, человек постепенно утрачивает навыки реального общения, что приводит к асоциальности. Вместе с тем, как показал опрос, 82,8% школьников все же предпочитают личное общение, когда можно смотреть в глаза человеку и чувствовать его эмоции. Для остальных проще общаться через социальные сети.

Общаться «тет-а-тет» предпочитают 76,7% взрослого населения, остальные чаще выбирают онлайн-диалоги. Интересно, что каждый третий мужчина указал, что предпочитает виртуальное общение реальному. Так же думает 16,5% женщин.

Чтобы изучить влияние интернета на здоровье и в целом жизнь человека, респондентов попросили ответить на вопрос: «Ощущаете ли вы влияние интернета на себе?» (младшие школьники на этот вопрос не отвечали). Большинство школьников отмечают положительное влияние глобальной сети: получение полезных знаний и помощь в учебе (66,2%), улучшение досуга (40%), новые знакомства (34,2%). Около 10% респондентов отметили негативное влияние: неуспеваемость в учебе (3,9%), усталость (2,9%), замкнутость (2,3%), раздражительность (1,8%) и др.

Еще один вопрос этого же смыслового блока был более конкретным и звучал так: «Какие из перечисленных признаков ухудшения здоровья, связанные с частым использованием телефона (компьютера, планшета и т.д.), ты отмечаешь у себя?» 65,7% школьников отметили, что никаких негативных изменений в своем здоровье не замечают. При этом 13,1% отмечают частые головные боли; 10,6% — беспокойный сон; 10,6% — частые перепады настроения; 8% — сухость и жжение в глазах; 6,5% — боли в спине; 3,6% — ощущение боли в кистях и онемение пальцев рук; 1,2% — ухудшение зрения.

Как выяснилось, взрослое население также ощущает положительное влияние интернета: доступность нужной информации (60,9%), интересный досуг (19,7%), новые знакомства (12,6%). Среди негативных отзывов — чувство усталости (3,5%), раздражительность (1%), замкнутость (0,8%) и др. Каждый пятый никакого влияния не ощущает в принципе. При этом каждый десятый (10,2%) взрослый пользователь ощущает жжение и сухость в глазах после времяпрепровождения с телефоном (планшетом или компьютером); беспокойный сон и/или бессонницу по этой же причине испытывают 9,7% респондентов; у 7,9% отмечаются частые головные боли; у 6,3% — перепады настроения; у 5,4% — усталость и боли в спине; онемение пальцев и боли в кистях ощущают 3,6%. При этом 66,6% опрошенных уверяют, что современные коммуникативные технологии на их здоровье не повлияли.

Еще один аспект, изученный в рамках исследования, — контроль взрослых над временем, проведенным в современных гаджетах детьми, и контекстом потребляемой ими информации.

Ответы на вопрос «Контролируете ли Вы время и то, чем занят Ваш ребенок в телефоне (компьютере, планшете)?» распределились следующим образом: «да, устанавливаю лимит времени» (31,8%); «да, пользование телефоном (компьютером, планшетом) происходит только под моим контролем» (22,6%); «особо не слежу, но интересуюсь, спрашиваю, чем занят ребенок» (17%); «строго слежу за сайтами, которые посещает ребенок, контролирую контекст игр» (15,9%); «не контролирую этот вопрос, мой ребенок самостоятельный» (12,7%).

Таким образом, родители разделились на две категории: те, кто уверяет, что строго контролирует время и контекст (70,3%), и те, кто рассчитывает на самостоятельность детей и лишь изредка интересуется этим вопросом (29,7%). При этом анализ ответов детей на вопрос «Контролируют ли тебя родители (опекуны) в том, сколько времени ты проводишь в телефоне (компьютере, планшете), и то, чем ты там занят?» показал, что только 18,3% младших школьников находятся под строгим родительским контролем в части пользования гаджетами и сетью Интернет. Родители этих ребят разрешают пользоваться телефоном или компьютером, заходить в интернет только в их присутствии. Родители еще 56,6% маленьких респондентов часто интересуются, чем занят ребенок в телефоне (компьютере, планшете), и не разрешают много времени проводить там. Очень редко контролируют этот процесс 18,5% родителей младших школьников, вообще не контролируют — 6,6%.

У старших школьников родительский контроль еще ниже: родители лишь трети ребят (34,2%) в различной степени следят за тем, какие сайты посещает их ребенок и сколько времени тратит на гаджеты; около 40% просто интересуются, но не проверяют; каждый четвертый (24,3%) родитель отдал этот вопрос на самоконтроль ребенка.

Таким образом, часть родителей неадекватно оценивает свои контрольные функции. По факту, значительная часть детей самостоятельно выбирают свой досуг в современных средствах коммуникации.

В завершение анкетирования старших школьников и взрослое население спросили, знают ли они о такой проблеме, как «компьютерная (игровая) зависимость», «интернет-зависимость». Как выяснилось, более 80% об этом знают, более того, каждый второй (52%) совершеннолетний респондент назвал родственников, проводящих, на их взгляд, слишком много времени за современными гаджетами. У 26,6% это дети или внуки; у 13,4% — супруг (супруга); у 10% — братья и сестры; у 2,4% — родители; у 3,5% — другие родственники (тети, дяди, племянники и даже дедушки и бабушки).

Что же касается самих респондентов, то только 4,7% учеников 5–11-х классов считают, что имеют компьютерную и/или интернет-зависимость. Среди взрослых такие же проблемы отмечают у себя 4% респондентов.

Однако при этом на контрольный вопрос: «Смогли бы Вы чувствовать себя комфортно без длительного пользования сетью Интернет (например, в течение 1–2 суток)?» — только 58,2%

школьников и 47,8% взрослых отметили, что чувствовали бы себя вполне спокойно и комфортно. Для 35,3% учеников старших классов и 36,5% взрослых эта ситуация доставила бы некоторый эмоциональный дискомфорт, для остальных 6,5% ребят и 15,7% совершеннолетних респондентов такая ситуация в принципе неприемлема (полагаем, что эти респонденты и имеют компьютерную, игровую и/или интернет-зависимость).

Глобальная сеть, безусловно, является приобретением современного человека, помогающим всегда оставаться в курсе событий, поддерживать связь с близкими, работать, быстро находить нужную информацию. Вместе с тем, если использовать эти ресурсы не по назначению или слишком часто, то возможно возникновение компьютерной или интернет-зависимости.

Своевременное определение симптомов интернет-зависимости позволяет успешно справиться с болезнью самостоятельно. Для этого достаточно найти хобби в реальной жизни, использовать компьютер и телефон только при острой необходимости, удалить, если необходимо, аккаунты в социальных сетях, заниматься спортом, поддерживать общение с семьей или друзьями в реальной жизни.

С целью профилактики возникновения интернет-зависимости у несовершеннолетних пользователей родителям, педагогам и медицинским работникам необходимо быть более внимательными к увлечениям детей современными коммуникативными технологиями, обучать рациональному пользованию глобальной сетью, развивать самоконтроль и дисциплину.

## Литература

Интернет-зависимость [Электронный ресурс]// Википедия. Свободная энциклопедия. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/интернет-зависимость>. — Дата доступа: 26.08.2022

Поступила 01.09.2022

## МАРКЕТИНГ ТАБАКА И ОТНОШЕНИЕ К КУРЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Пронина Т.Н., к.м.н., pro\_tanya@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Своевременное информирование населения, особенно молодежи, о вреде курения, влиянии вторичного дыма для здоровья имеет важное значение в снижении распространенности курения среди школьников, уменьшении доли начинающих курить и сокращении воздействия пассивного курения на окружающих.

С целью оценки уровня знания школьников и их отношения к курению, пассивному курению, иных убеждений молодежи было проведено Глобальное обследование употребления табака среди молодежи (далее — GYTS). GYTS является важным инструментом, рекомендованным Всемирной организацией здравоохранения (далее — ВОЗ) для оказания помощи странам в поддержке пакета из шести научно обоснованных мер по сокращению спроса, содержащихся в Рамочной конвенции ВОЗ по борьбе против табака. GYTS — это школьное обследование, в ходе которого собираются данные об учащихся в возрасте 13–15 лет с использованием стандартизированной методологии построения основы выборки, выбора школ и классов и обработки данных.

Вопросник GYTS содержал 61 вопрос с предложенными вариантами ответов, при этом 43 вопроса из стандартного основного вопросника GYTS, 18 вопросов из дополнительных модулей.

Республика Беларусь (республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь) участвовала в третьем раунде GYTS. Полевые исследования выполнены в 39 школах Республики Беларусь в 2020/2021 учебном году; 3493 учащихся приняли участие в обследовании GYTS.

*Знание и отношение.* Убеждение о том, что курение вызывает сильную зависимость, поддерживали треть (32,4%) школьников 13–15 лет, которые определенно считали, что если кто-то начал курить табак, то бросить курить сложно (таблица 1). В то же время 31,0% учащихся полагают, что курение табака помогает людям чувствовать себя более комфортно на торжествах, вечеринках или других общественных мероприятиях, отмечается меньшее количество девочек в этой группе (29,9% против 32,2%, при  $p < 0,05$ ).

Таблица 1 — Знание и отношение к прекращению курения и курению в обществе среди учащихся 13–15 лет, по полу — GYTS Беларусь, 2021 г., % (95%-й доверительный интервал (далее — 95% ДИ))

Знание и отношение к прекращению курения	Всего		Мальчики		Девочки	
	Процент	95% ДИ	Процент	95% ДИ	Процент	95% ДИ
Учащиеся, которые определенно считают, что если кто-то начал курить табак, то бросить курить сложно	32,4	(29,8–35,1)	32,8	(30,4–35,3)	31,9	(27,8–36,4)
Учащиеся, которые считают, что курение табака помогает людям чувствовать себя более комфортно на торжествах, вечеринках или других общественных мероприятиях	31,0	(27,1–35,1)	32,2	(27,7–37,1)	29,9	(25,9–34,1)

Половина подростков (54,8 %) считают, что вдыхание дыма от курения табака другими людьми вредно для них. При этом девочек существенно меньше в этой группе (51,8% в сравнении с 57,9%, при  $p < 0,001$ ), что также указывает на несовершенство осуществляемой профилактической работы с учетом гендерного неравенства. Подавляющее большинство (85,2%) поддерживают запрет курения внутри закрытых общественных мест. Две трети (65,8%) подростков поддерживают запрет курения в открытых общественных местах.

Обращает на себя внимание отсутствие гендерных различий в отношении к пассивному курению. Девочки в вопросах запрета курения в открытых общественных местах более толерантны — 62,7% поддерживают запрет в сравнении с 68,5% мальчиков, при  $p < 0,001$  (таблица 2).

Таблица 2 — Знание и отношение к пассивному курению среди учащихся 13–15 лет, по полу — GYTS Беларусь, 2021 г., % (95 % ДИ)

Знание и отношение к пассивному курению	Всего		Мальчики		Девочки	
	Процент	95% ДИ	Процент	95% ДИ	Процент	95% ДИ
Учащиеся, которые определенно считают, что дым от курения табака другими людьми вреден для них	54,8	(51,8–57,7)	57,9	(54,3–61,5)	51,8	(48,1–55,5)
Учащиеся, которые поддерживают запрет курения внутри закрытых общественных мест	85,2	(83,2–86,9)	84,7	(81,8–87,2)	85,8	(83,6–87,9)
Учащиеся, которые поддерживают запрет курения в открытых общественных местах	65,8	(63,3–68,1)	68,5	(65,4–71,4)	62,7	(59,5–65,8)

*Доступ и наличие.* Хотя продажа табачных изделий лицам, не достигшим 18 лет, запрещена на территории Республики Беларусь, 26,4% школьников все еще свободно приобретали сигареты в магазине, в киосках. Причем выявлены существенные гендерные различия (35,2% мальчиков в сравнении с 21,4% девочек,  $p < 0,001$ ). Существенно большая доля школьников сигареты получала от кого-либо другого (44,4%) или каким-либо другим способом (29,2%) (таблица 3).

Таблица 3 — Доступ и наличие сигарет у курильщиков 13–15 лет, по полу — GYTS Беларусь, 2021 г., % (95% ДИ)

Доступ и наличие	Всего		Мальчики		Девочки	
	Процент	95% ДИ	Процент	95% ДИ	Процент	95% ДИ
Источник получения сигарет:						
Купили в супермаркете или магазине	12,4	(5,5–25,7)	17,3	(7,3–35,9)	9,6	(3,4–23,9)
Купили в табачном киоске	14,0	(8,3–22,8)	17,9	(7,7–36,4)	11,9	(5,1–25,2)
Взяли их у кого-то другого	44,4	(32,0–57,5)	34,2	(17,9–55,3)	50,2	(34,8–65,5)
Получили их каким-то другим образом	29,2	(17,7–44,1)	30,6	(15,0–52,5)	28,4	(16,9–43,7)
Единица покупки сигарет:						
Сигареты поштучно	11,9	(4,8–26,6)	13,0	(3,4–39,0)	11,0	(3,2–31,5)
Пачка	74,2	(60,9–84,2)	63,7	(40,9–81,7)	82,1	(59,1–93,5)
Блок	6,2	(2,0–17,5)	14,5	(4,3–39,1)	0	
Самокрутки	7,7	(4,0–14,3)	8,8	(1,4–39,9)	6,9	(1,4–28,1)
Ограничения по возрасту:						
Нынешние курильщики сигарет, которым возраст не мешает покупать сигареты	45,3	(30,3–61,3)	37,8	(15,3–67,2)	50,1	(33,4–66,8)

Каждый десятый из числа нынешних курильщиков приобретает сигареты поштучно. Подавляющее большинство опрошенных подростков, покупавших в течение последних 30 дней сигареты (74,2%), приобретали пачку целиком, что не содействует отказу от курения. Для половины девушек, желающих приобрести сигареты, возраст не является препятствием. Так, количество девушек, которые пытались купить сигареты в течение последних 30 дней, достоверно больше, чем юношей (50,1% против 37,8%,  $p < 0,001$ ).

**Табачный маркетинг.** Осведомленность о маркетинге табака в пунктах продаж или средствах массовой информации оценивалась по следующим показателям. За последние 30 дней треть школьников (30,3%), причем девочек (28,5%) достоверно меньше, чем мальчиков (32,2%, при  $p < 0,05$ ), видели или слышали любые рекламные сообщения в пунктах продаж. Настораживает популяризация табака в телепередачах, других видео или фильмах. Среди всех опрошенных 75,0% заметили за последние 30 дней сцены потребления табака на телевидении, в видео или фильмах. Отмечаются гендерные различия — девочек в данной группе больше, чем мальчиков (76,8% против 73,4%, при  $p < 0,05$ ). Представители табачных компаний когда-либо предлагали бесплатные табачные изделия для стимулирования продаж 4,1% школьников 13–15 лет — значительно чаще это были мальчики (5,3% мальчиков и 2,8% девочек, при  $p < 0,001$ ) (таблица 4).

Таблица 4 — Маркетинг табака среди учащихся 13–15 лет, по полу — GYTS Беларусь, 2021 г., % (95% ДИ)

Маркетинг табака	Всего		Мальчики		Девочки	
Видели рекламу табака или средства стимулирования продаж в пунктах продаж						
Среди всех учащихся в течение последних 30 дней	23,9	(20,8–27,4)	25,0	(21,9–28,4)	22,9	(18,9–27,4)
Среди тех, кто посещал пункты продажи в течение последних 30 дней	30,3	(26,5–34,4)	32,2	(27,9–36,7)	28,5	(24,0–33,4)
Видели, как кто-либо употребляет табак, в телепередачах, других видео или фильмах						
Среди всех учащихся в течение последних 30 дней	62,0	(58,2–65,7)	59,5	(54,9–63,9)	64,9	(60,7–68,9)
Среди тех, кто смотрел телепередачи, видео или фильмы в течение последних 30 дней	75,0	(71,4–78,3)	73,4	(69,3–77,1)	76,8	(72,9–80,3)
Когда-либо предлагал представитель табачной компании бесплатные табачные изделия	4,1	(3,2–5,2)	5,3	(3,8–7,5)	2,8	(1,9–4,0)
Наличие чего-либо с логотипом						
Учащиеся, у которых есть что-нибудь с нанесенным логотипом бренда табачного изделия <sup>1</sup>	5,0	(4,0–6,2)	5,6	(4,4–7,1)	4,2	(3,0–5,8)
Восприимчивость к маркетингу табака						
Никогда не употреблявшие табак, у которых есть что-нибудь с нанесенным логотипом бренда табачного изделия или может быть в будущем <sup>2,3</sup>	17,9	(15,4–20,7)	20,0	(16,3–24,3)	16,0	(13,1–19,3)
<sup>1</sup> например, футболка, ручка, рюкзак; <sup>2</sup> те, кто могут использовать или носить что-нибудь с нанесенным названием табачной компании, или названием изделия, или изображением; <sup>3</sup> считаются весьма восприимчивыми к маркетингу табака (риск употребления табака в будущем).						

Какую-либо вещь (футболка, ручка, рюкзак) с нанесенным логотипом бренда табачного изделия имели 5,0% школьников.

**Воздействие антитабачной информации.** За последние 30 дней около половины школьников (49,2%) видели или слышали любые антитабачные сообщения в средствах массовой информации (таблица 5). Непосредственно среди тех, кто посещал спортивные или общественные мероприятия, антитабачные сообщения заметили 32,2% школьников, при этом девочек значительно меньше в данной группе (28,5% девочек и 34,7% мальчиков, при  $p < 0,001$ ).

Таблица 5 — Антитабачная информация, замеченная учащимися 13–15 лет, по полу — GYTS Беларусь, 2021 г., % (95% ДИ)

Антимаркетинг табака	Всего		Мальчики		Девочки	
Замечали антитабачные сообщения в СМИ <sup>1</sup> в течение последних 30 дней <sup>2</sup>	49,2	(45,0–53,5)	49,7	(44,3–55,1)	48,7	(44,4–53,0)
Замечали антитабачные сообщения на спортивных или общественных мероприятиях						
Среди всех учащихся в течение последних 30 дней	12,6	(10,8–14,7)	15,2	(12,8–17,8)	9,9	(8,0–12,1)
Среди тех, кто посещал спортивные или общественные мероприятия в течение последних 30 дней	32,2	(28,4–36,3)	34,7	(30,5–39,2)	28,5	(23,9–33,7)
Учили в школе об опасностях употребления табака в течение последних 12 месяцев <sup>2</sup>	64,4	(60,3–68,3)	65,8	(61,1–70,2)	63,2	(57,7–68,3)
<sup>1</sup> например, по телевидению, радио, в интернете, на рекламных щитах, плакатах, в газетах, журналах или кино;						
<sup>2</sup> среди всех учащихся в возрасте 13–15 лет.						

Оценка отношения школьников к рекламе/антирекламе табака позволила нам сделать вывод об обширной, но недостаточной антирекламе табака.

Роль школы в вопросах профилактики табакокурения отмечали 64,4% опрошенных школьников. Именно столько осведомлены о вредном воздействии табачного дыма на здоровье посредством получения знаний на любом уроке в школе.

Большинство опрошенных (78,8%) среди нынешних курильщиков замечали предупреждения о вреде для здоровья на пачках сигарет (таблица 6).

Таблица 6 — Замеченные предупреждения о вреде для здоровья на пачках сигарет среди нынешних курильщиков и никогда не куривших 13–15 лет, по полу — GYTS Беларусь, 2021 г., % (95% ДИ)

Предупреждения о вреде для здоровья на пачках сигарет	Всего		Мальчики		Девочки	
Нынешние курильщики, которые замечали предупреждения о вреде для здоровья на пачках сигарет <sup>1</sup>	78,8	(72,4–84,0)	82,0	(70,6–89,6)	76,4	(67,5–83,5)
Думали о прекращении курения из-за предупреждений о вреде для здоровья на пачках сигарет						
Среди нынешних курильщиков	15,2	(10,1–22,3)	27,0	(18,3–38,0)	6,3	(3,1–12,3)
Среди нынешних курильщиков, которые замечали предупреждения о вреде для здоровья	19,3	(12,7–28,2)	33,0	(21,7–46,6)	8,3	(4,0–16,2)
Никогда не курившие, которые подумали о том, что не будут начинать курить из-за предупреждений о вреде для здоровья на пачках сигарет <sup>1,2</sup>	46,9	(44,5–49,3)	47,4	(42,9–51,8)	46,4	(41,3–51,6)
<sup>1</sup> в течение последних 30 дней;						
<sup>2</sup> среди никогда не куривших, которые замечали предупреждения о вреде для здоровья на пачках сигарет в течение последних 30 дней.						

Выявлены парадоксальные тенденции среди подростков — гендерные различия в отношении к предупреждающим надписям о вреде курения на пачках сигарет. Среди нынешних потребителей табака лишь 19,3% задумывались о прекращении курения из-за предупреждений о вреде курения на сигаретных пачках. При этом каждого третьего юношу (33,0%) подобная антитабачная информация побуждала к мыслям о прекращении курения, в то время как девушек в данной когорте в 4 раза меньше (8,3%, при  $p < 0,001$ ).

Таким образом, Глобальный опрос GYTS 2021, проведенный в Республике Беларусь, позволил не только получить актуальную информацию о табачной и антитабачной политике средств массовой информации, а также знаниях, отношении и убеждениях о потреблении табака среди молодежи 13–15 лет, но и определить роль средств массовой информации в повышении осведомленности об опасностях потребления табака, а также выявить пробелы и недостатки в реализации существующей антитабачной политики.

На основании полученных данных стоит отметить, что рекомендуется наращивать потенциал профилактических мер с акцентом на девочек подросткового возраста, так как иллюстративная информация на пачках сигарет побуждает бросить курить в 4 раза меньшее число девочек, чем мальчиков; необходимо усиливать мониторинг маркетинга табака со стороны табачных компаний для обеспечения соблюдения существующего закона о запрете рекламы табака; необходимо совершенствовать информационные материалы о вреде потребления различных видов табачных изделий — не только сигарет, но и электронных сигарет, бездымных табачных изделий, кальяна.

Поступила 06.09.2022

## ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА

<sup>1,2</sup>Храмцов П.И., д.м.н., профессор, [pikhramtsov@gmail.com](mailto:pikhramtsov@gmail.com),

<sup>2</sup>Храмцова С.Н., к.б.н., доцент, [svetlana@khramtsova.info](mailto:svetlana@khramtsova.info)

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области Московский государственный областной университет, г. Мытищи, Россия

В последние десятилетия показатели состояния здоровья школьников остаются неблагоприятными, что обусловлено малоподвижным образом жизни, интенсификацией учебного процесса и недостаточной здоровьесберегающей эффективностью физического воспитания.

Развивающая, оздоровительная и профилактическая эффективность физического воспитания во многом зависит от того, насколько условия и режим организации занятий соответствуют функциональным возможностям организма детей, уровню их развития, физической подготовленности и состоянию здоровья.

Результаты исследований в области гигиены, физиологии, педагогики и физического воспитания свидетельствуют об особенностях интеллектуального, психологического, физического, когнитивного и социального развития детей в зависимости от пола, которые следует учитывать для научного обоснования дифференцированного подхода к организации обучения детей и подростков [1].

Принцип дифференцированного подхода является одним из основополагающих принципов оптимизации условий и режимов обучения детей. Реализация данного принципа позволяет сохранить устойчивый уровень работоспособности, повысить эффективность обучения и снизить физиологические и психофизиологические затраты при выполнении образовательных нагрузок.

Одной из важных задач физического воспитания является развитие двигательных функций и способности управлять своими движениями с учетом гендерных различий. Координационные способности служат основой для формирования всех двигательных качеств. Уровень координации определяет согласованность работы мышц, динамическую стабилизацию движений, которая проявляется двигательными актами, своевременным выполнением движения, состоянием костно-мышечной системы. Развитие и совершенствование основных двигательных-координационных качеств необходимы в течение всей жизни. Существует тесная взаимосвязь между уровнем развития координационных способностей и уровнем интеграции сенсорной информации различной модальности, что обеспечивает баланс мышечного тонуса.

Снижение вестибулярной устойчивости связывают с трудностями в процессе обучения [2], а физические упражнения, направленные на коррекцию функции равновесия, способствуют развитию внимания и когнитивных способностей [3].

Цель исследования — установить особенности развития координационных способностей обучающихся разного пола в процессе образовательной деятельности.

В исследовании приняли участие 96 младших школьников (47 мальчиков и 49 девочек) 8–9 лет школы № 1998, г. Москва, и 50 обучающихся (25 юношей и 25 девушек) в возрасте 17–18 лет Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения г. Москвы «Первый Московский Образовательный Комплекс».

Критериями включения обучающихся в исследование являлись: возраст от 8–9 и 17–18 лет, отнесение к основной и подготовительной медицинским группам для занятий физической культурой.

Обучение детей на уроках физической культуры осуществлялось по единой образовательной программе, соответствующей рабочей программе учебного предмета «Физическая культура», внесенной в реестр общеобразовательных программ Министерства просвещения Российской Федерации.

В начале и в конце учебного года были проведены обследования младших школьников и студентов колледжа с определением показателей статического равновесия, являющегося одной из базовых характеристик координации.

Анализ статического равновесия проводили с использованием 4 функциональных координаторных проб возрастающей степени сложности [4]. Все пробы выполнялись с закрытыми глазами. Проводилась также оценка психоэмоционального состояния по цветовому тесту Лутошкина А. Н.

Сенситивный период для развития координационных способностей приходится на возраст 7–11 лет. При этом средневозрастные нормальные значения для проб, характеризующих уровень статического равновесия, для мальчиков ниже, чем для девочек. Это обусловлено тем, что у девочек центр тяжести располагается ниже, чем у мальчиков, что обеспечивает большую устойчивость. Анализ полученных результатов исследования позволил выявить низкий уровень показателей статического равновесия у мальчиков, который в 52 % случаев был ниже возрастной нормы по результатам 4-й координаторной пробы и, таким образом, не соответствовал нормальным значениям для данного возраста даже с учетом анатомических особенностей. У 83 % девочек показатели соответствовали нормальным значениям. В динамике учебного года отмечено снижение вестибулярной устойчивости в равной степени как у мальчиков, так и у девочек в 1,35 раза.

Полученные результаты согласуются с данными других исследований, которые показывают, что у девочек раньше начинает развиваться функция постурального контроля, и они, в отличие от мальчиков, лучше проявляют способность к балансированию. Это повышает эффективность физического воспитания, так как при большей устойчивости тела можно выполнять движения с большей амплитудой без нарушения равновесия, что дает возможность выполнения сложных двигательных актов и, как следствие, успешную адаптацию в различных жизненных ситуациях.

Было выдвинуто предположение, что низкий уровень координации у мальчиков младшего школьного возраста связан с психологическими проблемами. Показано, что у мальчиков отмечается также повышенная, по сравнению с девочками, степень тревожности. Некоторые авторы относят к причинам задержки в созревании постурального контроля у мальчиков гиперактивность [5]. Половые различия в постуральной устойчивости у детей школьного возраста могут быть также обусловлены более высокой мотивацией и концентрацией внимания у девочек.

Дискомфортное психоэмоциональное состояние по тесту цветовых предпочтений А. Н. Лутошкина в начале учебного года отмечалось у  $38,1 \pm 10,6$  % мальчиков 8–9 лет и только у  $6,9 \pm 4,7$  % девочек, то есть в 5,6 раза чаще. Эти показатели ухудшались в течение учебного года. К концу учебного года дискомфортное состояние фиксировалось уже у  $52,4 \pm 10,9$  % мальчиков и лишь у  $13,8 \pm 6,4$  % девочек. В этот период только у  $9,5 \pm 6,4$  % мальчиков отмечен уровень комфортного состояния, по сравнению с  $44,8 \pm 9,2$  % у девочек ( $p < 0,05$ ).

Различия в созревании функции постуральной устойчивости между мальчиками и девочками младшего школьного возраста, связанные с психоэмоциональным напряжением у мальчиков, являются важной предпосылкой для организации дифференцированных по полу уроков физического воспитания начиная уже с начальной школы, подбора форм и методов обучения двигательным навыкам и развития физических качеств, соответствующих половозрастным особенностям организма детей с учетом их психологических особенностей.

При исследовании показателей статического равновесия на основе оценки функциональных координаторных проб различной степени сложности у студентов колледжа был выявлен еще более низкий уровень статического равновесия, с той лишь разницей, что отставание от нормальных значений функции равновесия прослеживалось также и у девушек, с тенденцией более низких значений у юношей. Так, если показатели в 4-й координаторной пробе ниже возрастной нормы встречались у 5 % девочек 8–9 лет, то у девушек 17–18 лет это выявлялось в 65 % случаев ( $p < 0,01$ ). У юношей прослеживалась та же тенденция: 54 % и 73 %, соответственно в 8–9 и 17–18 лет.

У девушек по сравнению с юношами время устойчивого равновесия во 2-й пробе было в 1,2 раза выше, а в более сложных пробах отмечалась тенденция к более высоким значениям времени устойчивого сохранения положения тела. Результаты тестирования студентов разного пола оценивали также на соответствие возрастной норме с использованием центильных таблиц. При таком методе оценки гендерные различия проявлялись наиболее значимо. При этом у юношей установлен более низкий уровень развития координационных способностей. Значения, соответствующие нормальным, встречались в пробах 1-й, 2-й и 3-й степени сложности только у 14,3–23,0 % обследованных. У большинства юношей (65,7–71,4 %) отмечались значения ниже возрастной нормы. У девушек значения, соответствующие нормальным, встречались в пробах 1-й, 2-й и 3-й степени сложности чаще

по сравнению с юношами в 2,2; 1,9 и 2,3 раза соответственно. Напротив, показатели ниже нормальных выявлялись в 1,2–1,7 раза реже в 1-й, 2-й и 3-й пробах.

Для интерпретации полученных результатов оценки уровня развития координационных способностей у студентов по совокупности всех 4 проб была проведена интегральная оценка, которая позволяет установить неудовлетворительный, удовлетворительный, хороший и отличный уровни координационных способностей. Удовлетворительный уровень координационных способностей встречался у 57,1 % юношей, тогда как у девушек он выявлялся в 1,4 раза реже. В то же время у девушек по сравнению с юношами в 3,1 раза чаще отмечался хороший и полностью отсутствовал неудовлетворительный уровень координационных способностей.

Таким образом, анализ результатов исследования позволил установить различия в уровне поструральной устойчивости в зависимости от пола, которые сохраняются на протяжении длительного периода обучения. Низкий уровень развития статического равновесия ниже нормальных возрастных значений у младших школьников, особенно у мальчиков, сохраняется и в старшем возрасте и имеет тенденцию к ухудшению.

Полученные результаты обосновывают необходимость включения в уроки физического воспитания специальных упражнений на развитие координации, особенно у мальчиков и юношей. В связи с этим целесообразной представляется реализация дифференцированного подхода к организации физического воспитания обучающихся с учетом их пола, что позволяет создать условия для развития функциональных резервов организма и физических качеств, а также повысить развивающую, профилактическую и оздоровительную эффективность школьных занятий физической культурой.

Дифференцированная по полу организация физического воспитания предоставляет возможность повысить его гигиеническую (развивающую, профилактическую и оздоровительную) эффективность посредством обеспечения соответствия условий и режима организации занятий функциональным возможностям организма детей, уровню их развития и физической подготовленности. Для эффективной реализации профилактического и развивающего потенциала дифференцированных по полу занятий на уроках физической культуры в начальной школе их организация, в том числе планирование физических нагрузок, видов и объема применяемых спортивных, развивающих игр и физических упражнений, способствующих развитию координационных способностей, должна осуществляться с учетом особенностей развития здоровья мальчиков и девочек.

## Литература

1. Лапонова, Е.Д. Профилактический потенциал гендерной дифференциации образовательного процесса / Е.Д. Лапонова, О.А. Вятлева // Научные ведомости БелГУ. — 2014. — № 1 (28). — С. 103–108.
2. Храмов, П.И. Исследование вестибулярной устойчивости и сформированности графического навыка письма у младших школьников / П.И. Храмов // Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья. — 2020. — № 3. — С. 39–45.
3. Ефимова, В.Л. Исследование методики «Лого-Батут» в процессе педагогического сопровождения школьников с учебными затруднениями / В.Л. Ефимова // Историческая и социально-образовательная мысль. — 2015. — Т. 7, № 6–1. — С. 288–291.
4. Физическое развитие и функциональные резервы студентов вузов. Методы исследования и оценки / под ред. Н.Г. Чекаловой. — Нижний Новгород: Изд-во НижГМА, 2017. — 64 с.
5. Вятлева, О.А. Нейробиологические особенности мальчиков и девочек (научный обзор) / О.А. Вятлева // Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья. — 2016. — № 2. — С. 12–16.

Поступила 31.08.2022

## КОНТРОЛЬ ЗА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИЕЙ ДЕТЕЙ 6–7 ЛЕТ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПЛАВАНИЮ

*Храмова С. Н., к. б. н., доцент, svetlana@khramtsova.info,  
Услистая-Рыбченко А. К., бакалавр, zbss\_pups@mail.ru*

Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области  
Московский государственный областной университет, г. Мытищи, Россия

Учет закономерностей роста и развития является одним из обязательных условий рационального построения учебно-тренировочного процесса и правильной организации занятий физической

культурой и спортом в детском возрасте. В современных условиях умение плавать является важным навыком, а приобретение его занимает разное количество времени и усилий в зависимости от выбранной программы обучения, возраста ребенка, первичных навыков, наличия или отсутствия страха воды, функциональных возможностей организма.

Плавание считается важнейшим средством физического развития [1]. В возрасте 6–7 лет происходит активный линейный рост ребенка. Рост тел позвонков преобладает в поясничном отделе, а рост межпозвоночных дисков — в грудном. Легкая растяжимость мышечно-связочного аппарата обеспечивает ребенку хорошую гибкость, но не может создать прочного мышечного корсета для нормального расположения костей скелета. В результате возможны деформации скелета, развитие асимметрий. Благодаря движениям в воде и оптимальному сопротивлению развиваются суставы и укрепляется скелетная мускулатура. Поскольку ноги находятся в безопорном положении, происходит большая динамическая работа, укрепляющая детскую стопу и способствующая предупреждению плоскостопия.

В последнее время отмечена тенденция к снижению функциональных возможностей детей младшего возраста [2], поэтому при обучении плаванию необходимо строить программу занятий с учетом физической подготовленности ребенка и правильно дозированной нагрузки в процессе учебно-тренировочных занятий. В связи с этим важное значение придается контролю функционального состояния детского организма и его адаптивных возможностей с использованием наиболее информативных методов исследования ведущих систем организма с целью своевременной коррекции нагрузки. Наиболее целесообразным представляется использование показателей сердечно-сосудистой системы как в покое, так и после дозированной нагрузки.

Успешность обучения плаванию во многом зависит не столько от способностей ребенка, сколько от хорошей адаптации к водной среде [3]. Дети дошкольного возраста легко отвлекаются, очень эмоциональны и легко возбудимы. Этим зачастую определяются водобоязнь и неуверенность в новой среде. Поэтому особенную важность приобретает контроль не только физиологической, но также и психологической адаптации к воде. Чрезмерная нагрузка на психоэмоциональный аппарат ребенка может быть причиной перенапряжения регуляторных и срыва адаптационных механизмов, развития неврозов, что негативно скажется в том числе и на возможности адаптации к физическим нагрузкам.

Цель исследования — оценить состояние физиологической и психологической адаптации у детей 6–7 лет к процессу обучения плаванию.

Исследование проводилось на базе студии раннего плавания «Аквакласс» (г. Москва) с участием 20 детей 6–7 лет. Нагрузка для каждого ребенка подбиралась индивидуально и носила как аэробный, так и анаэробный характер. Увеличение нагрузки осуществлялось поэтапно за счет изменения объема, интенсивности и применения дополнительного инвентаря: плавательного (нудл, плавательная доска, плавательные гантели, спортивная резинка, колобашка) и игрового (камешки, кольца-рыбки, палочки, стаканчики для воды, трубочки).

Для оценки физиологической адаптации к нагрузке в процессе обучения плаванию использовали модифицированную нагрузочную пробу Мартине — Кушелевского [5], разработанную и рекомендованную для использования в системе медико-педагогического контроля за соответствием физических нагрузок функциональным возможностям детей младшего возраста в ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации. На основании анализа соотношений значений прироста частоты сердечных сокращений (далее — ЧСС) после нагрузки и времени восстановления оценивали реакцию сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по величине пульса, систолического и диастолического артериального давления. В качестве интегрального показателя вычислялся индекс Робинсона, косвенно отражающий потребление миокардом кислорода и величину коронарного кровотока.

Изменение уровня эмоционального состояния, связанного с психологической адаптацией к воде, выявляли на основе субъективной оценки тренера посредством наблюдения за реакцией ребенка. Принималась во внимание также индивидуальная самооценка, для чего детям предлагалось выбрать смайлики, характеризующие различное психоэмоциональное состояние: комфортное, нейтральное, дискомфортное.

Поскольку даже небольшая физическая нагрузка может оказаться чрезмерной для неподготовленного ребенка, на первом этапе важно было оценить состояние функциональных систем. В связи с особенностями нервной регуляции сердца и высокой интенсивностью обмена веществ ЧСС у детей значительно выше, чем у взрослых. С помощью центильного метода установлено, что перед началом

обучения плаванию значения систолического, диастолического артериального давления и частоты сердечных сокращений соответствовали нормальным для данной возрастной группы и принимали значения  $88,4 \pm 4,4$ ;  $45,0 \pm 2,9$  мм рт. ст. и  $89,0 \pm 4,5$  уд/мин, соответственно. У 20 % детей функциональное состояние миокарда было ниже среднего. Значения индекса Робинсона были в диапазоне  $98,1 \pm 4,1$  усл. ед. (средние нормальные —  $78,0 \pm 4,2$  усл. ед.).

Реакция на дозируемую нагрузку по результатам модифицированной пробы Мартине — Кушелевского у 60 % детей была допустимой, то есть пограничной, и только у 40 % — благоприятной. Средний прирост ЧСС на дозируемую нагрузку составлял  $54,8 \pm 9,9$  % уд/мин. У 60 % детей время восстановления пульса составляло более 3 минут (при благоприятной реакции прирост ЧСС не должен превышать 50 % при условии времени восстановления пульса не более 3 минут).

После первых занятий по плаванию проводили оценку психоэмоционального состояния. Психологический уровень адаптации к воде, по субъективной оценке тренера, у 30 % детей 6–7 лет был ниже среднего, а у 70 % соответствовал среднему. Это означает, что часть детей боялась воды. Они были напряжены, скованы, иногда плакали. Наблюдалось снижение активности, апатия, плохое самочувствие и настроение, которые проявлялись в усталости, частичном отказе от выполнения упражнений. Этим данным соответствовали результаты индивидуальной самооценки настроения. У 60 % детей отмечалось нейтральное состояние, у 20 % — дискомфортное и только у 20 % — комфортное. Полученные результаты свидетельствовали не только о снижении физических возможностей у отдельных детей, но также и о психологическом дискомфорте.

Для более успешной адаптации к воде в традиционную методику обучения плаванию были внесены коррективы, включающие индивидуализацию нагрузки, использование разнообразного спортивного и игрового инвентаря, большое количество игровых подходов на всех этапах обучения. Много внимания уделялось обеспечению мягкой адаптации к нырянию, которое обычно вызывает самые большие страхи у детей. Обучение нырянию включало постепенный переход с мелководья при наличии опоры через скольжение с опущенной головой в непосредственной близости тренера до полного погружения. При этом мотивирующим фактором служили занимательные игрушки на дне бассейна, которые необходимо было достать.

У детей данного возраста произвольное внимание доминирует над произвольным. Формированию же произвольного внимания способствует участие в играх. Следовательно, следует избегать монотонных указаний, а для формирования двигательных навыков эффективнее использовать подражательные рефлексы и игровую деятельность. Использование упражнений-игр при обучении кролю на груди (хлоп комара, водолазы), кролю на спине (катаемся на спине, смена рук), брассу (лягушонок и щуки, занавески-конфетки), баттерфляю (хвост дельфинчика, глазки на руках смотрят вверх) показало высокую эффективность как в скорости, так и качестве обучения.

Благодаря развитию ориентировочного рефлекса ребенок становится очень восприимчивым ко всему конкретному, наглядному, что можно потрогать руками, услышать, непосредственно увидеть. С учетом этих возрастных особенностей активно использовался наглядный учебный материал в виде многочисленных спортивных и игровых предметов, которые дети воспринимают лучше.

Через 6 месяцев обучения плаванию значения систолического, диастолического давления и ЧСС остались на уровне, соответствующем возрастной норме. Значения индекса Робинсона у всех детей находились в пределах нормы, в отличие от исходного уровня. В нагрузочной пробе оценка времени восстановления соответствовала благоприятной или допустимой, при этом ЧСС в покое соответствовала  $84,2 \pm 5,9$  уд/мин, а после нагрузки —  $130,3 \pm 10,8$  уд/мин. Только у 3 детей пульс восстанавливался после 5-й минуты восстановления. Все вместе свидетельствовало о хорошем функциональном состоянии миокарда и соответствии физических нагрузок возможностям детского организма.

Уровень эмоционального состояния и адаптации к воде также значительно повысился. По оценке тренера, у 40 % детей уровень психологической адаптации стал выше среднего, а у 60 % соответствовал высокому, что проявлялось в хорошем настроении, желании заниматься и выполнять различные упражнения. Индивидуальная самооценка у всех детей соответствовала комфортному состоянию.

Известно, что уровень функционального состояния организма и его систем является определяющим элементом здоровья. Внешние воздействия, в частности, большие физические нагрузки, зачастую приводят к нарушениям состояния в форме ухудшения самочувствия, снижения работоспособности, эмоциональной нестабильности. Устойчивость к действию неблагоприятных факторов формируется благодаря постоянным морфологическим и функциональным изменениям ведущих адаптивных систем, что позволяет организму поддерживать функционально значимые переменные на постоянном уровне. Высокий функциональный резерв сердечно-сосудистой системы обеспечивает хорошую устойчивость организма к физическим нагрузкам, при этом «цена адаптации» стано-

вится ниже. Функциональные резервы определяются диапазоном возможностей функции сердца и сосудов, которые характеризуются величиной артериального давления, частотой сердечных сокращений, а также интегральными показателями сердечной деятельности.

Таким образом, обучение детей 6–7 лет плаванию с учетом возрастных особенностей состояния различных функциональных систем способствует хорошей переносимости физических нагрузок, успешному овладению различными стилями плавания и улучшению состояния сердечно-сосудистой системы по сравнению с исходным уровнем.

Контроль состояния функциональных систем на основе реакции сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, а также психологическая оценка адаптации к воде детей 6–7 лет могут быть использованы для оптимизации учебно-тренировочного процесса, способствующего сохранению и укреплению их здоровья.

## Литература

1. *Сорокин, В.П.* Плавание как средство физического развития детей грудного, ясельного и дошкольного возраста и профилактика заболеваний / В.П. Сорокин, Н.С. Федюк, П.В. Шилов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. — 2020. — № 6 (184). — С. 346–350.
2. Применение здоровьесберегающих технологий в работе образовательных учреждений / под ред. Н.Г. Минько, П.И. Храмцова. — М., 2012. — 160 с.
3. *Туркин, П.Н.* Адаптационно-методические принципы при обучении плаванию на начальном этапе / П.Н. Туркин // Изв. МГТУ МАМИ. — 2011. — № 1 (11). — С. 307–310.
4. Функциональное тестирование обучающихся при организации безопасных для здоровья занятий физической культурой / П.И. Храмцов [и др.] // Вопр. школьной и университетской медицины и здоровья. — 2021. — № 4. — С. 38–44.

Поступила 31.08.2022

## ВЛИЯНИЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

<sup>1,2</sup> *Чуенко Н.Ф., natali26.01.1983@yandex.ru,*

<sup>1,2</sup> *Новиков Е.А., д.б.н., профессор, eug\_nov@ngs.ru*

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение науки «Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека», г. Новосибирск, Россия;

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Россия

Проблема загрязнения воздушной среды в организациях для детей и подростков особенно актуальна для многих регионов Российской Федерации в зимний период, когда затруднено адекватное проветривание закрытых помещений. Вместе с тем воздушный режим относится к ключевым факторам среды, оказывающим влияние на работоспособность и состояние здоровья детей и подростков. Многочисленные данные отечественной и зарубежной литературы [1–5] свидетельствуют о том, что на состояние воздушной среды и показатели микроклимата помещений позитивное влияние способны оказывать комнатные растения, обладающие фитонцидными свойствами. Наше исследование показало, что для увеличения влажности воздуха необходимо установить в групповой ячейке хлорофитум с площадью листовой поверхности от 2,5 м<sup>2</sup> на площадь помещения, а также для улучшения качества воздуха с площадью листовой поверхности от 1,7 м<sup>2</sup> на площадь помещения. Это дает основания полагать, что рациональное размещение таких растений в организациях для детей и подростков способно обеспечить существенное снижение риска здоровью детей.

Качество воздуха в закрытых помещениях является важным фактором, определяющим здоровье детей и подростков. Постоянное присутствие вредных веществ в воздухе, концентрации которых в помещении могут быть выше, чем на улице, способствует возникновению рисков развития респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний. Еще одним фактором неблагоприятного воздействия на здоровье человека являются отопительные приборы, в зимний период влияющие на микроклимат

помещения<sup>1,2</sup>. При вдыхании сухого воздуха слизистая оболочка верхних дыхательных путей пересыхает, что способствует проникновению вирусов и бактерий в организм человека. Для комфортного нахождения в помещении рекомендуемый уровень влажности составляет от 30 до 60 %, а для предотвращения передачи вирусов — 40–60 % [3, 4]. Показано, что растения способны поглощать мельчайшие частицы водяного пара, переносимые по воздуху, и повышать влажность в помещении [4]. Повышенное содержание углекислого газа в помещении влияет на состояние здоровья детей, особенно страдающих аллергией, астмой и другими заболеваниями верхних дыхательных путей.

В настоящее время одним из наиболее результативных и эффективных средств очищения воздуха в детских образовательных организациях является размещение комнатных растений, которые выделяют фитонциды — биологически активные вещества, обладающие противомикробным действием и очищающие воздух от вредных веществ. Фитомодули, установленные в помещениях, не только очищают воздух, но и оказывают профилактическое воздействие на здоровье детей. Использование фитонцидных растений в помещениях с длительным пребыванием детей, особенно в зимний период, является эффективным и доступным способом улучшения показателей микроклимата, способствующим увеличению влажности воздуха, снижению концентрации углекислого газа в групповой ячейке и нормализации химического состава воздуха [1, 2].

Комнатные растения считаются естественными воздушными фильтрами, способными очищать воздушную среду различными способами: поглощением, осаждением и фильтрацией [1]. Комнатные растения рассматривают как недорогое решение, снижающее уровни вредных веществ в воздухе помещений. Хлорофитум хохлатый (*Chlorophytum comosum*) считают одним из лучших «очистителей» воздуха от формальдегида, углекислого газа и других вредных веществ в помещении. Он увлажняет воздух в помещении, что особенно важно для людей с респираторными и аллергическими заболеваниями [3]. Установлено, что *Chlorophytum comosum* поглощает токсические вещества, находящиеся в воздухе закрытых помещений, и в частности формальдегид (токсическое вещество, провоцирующее головную боль, нарушения сердечного ритма), винилхлорид (канцероген, вызывающий злокачественные опухоли) и оксид углерода (приводит к ослаблению процессов мыслительной деятельности, замедлению рефлексов, сонливости, потере сознания и удушью) [1, 2].

Цель исследования — изучить количественные аспекты зависимости качества воздуха от площади листовой поверхности комнатных растений.

Основными задачами исследования являлись оценка влияния фитонцидных растений на влажность воздуха и концентрацию углекислого газа в помещении в зависимости от площади листовой поверхности и разработка метода достижения регламентируемых показателей относительной влажности воздуха.

Экспериментальный этап исследования проводился в 2021–2022 гг. на базе ДОО № 331 г. Новосибирска — комбинированного вида «Радуга». Мониторинг микроклиматических показателей и качество воздушной среды осуществлялись в 2 игровых помещениях детского сада. В групповые ячейки размещен *Chlorophytum comosum* [3].

В исследовании приняли участие дети дошкольного возраста (5–7 лет). Определены группа «наблюдения» и группа «контроля». В групповых ячейках использованы приборы для фиксации показателей температуры, относительной влажности и концентрации углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в воздухе, (Метеостанция Rexant (Россия); EClerk-M-RHT (Россия); EClerk-M-RHT (Россия)).

Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись с помощью Microsoft Excel 2016. Статистическая обработка проводилась с использованием программы Statistica 10 (StatSoft. Inc, США).

В группу «наблюдения» дошкольного учреждения установлен *Chlorophytum comosum* (не ядовит, неприхотлив в уходе) с площадью листового аппарата 0,1 м<sup>2</sup> в количестве 5 растений с листовой поверхностью 0,5 м<sup>2</sup> на площадь помещения 48 м<sup>2</sup>. Достоверных различий показателей относительной влажности в групповой ячейке группы «наблюдения» с установленными растениями с площадью листовой поверхности 0,5 м<sup>2</sup> с группой «контроля» не наблюдалось, поэтому было принято решение установить в этой же группе растения с площадью листьев 1,7 м<sup>2</sup>. При этом достоверные различия параметров относительной влажности также отсутствовали. После чего установлено еще 8 растений, общая площадь листового аппарата которых составляла 2,5 м<sup>2</sup>. Различия между группой «наблюдения» и группой «контроля» оказалось достоверным ( $p < 0,05$ ). Таким образом, относительная влаж-

<sup>1</sup> СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утвержденный Постановлением главного государственного санитарного врача РФ № 2 от 28.01.2021.

<sup>2</sup> ГОСТ 30494–2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Дата введения 2013.01.01.

ность увеличивается при размещении в групповых ячейках *Chlorophytum comosum* с площадью листа 2,5 м<sup>2</sup> на площадь помещения 48 м<sup>2</sup>.

Уравнение множественной линейной регрессии, описывающей зависимость показания сухого термометра, °С ( $x_1$ ) от разности показаний термометров, °С ( $x_2$ ), имеет вид:

$$Y = 41 + 1,05 \times x_1 - 4,3 \times x_2 + 0,4 \times x_3, \quad (1)$$

где  $Y$  — влажность;

$x_1$  — показания сухого термометра;

$x_2$  — разность показаний термометров;

$x_3$  — необходимая площадь листового аппарата растения.

Для обеспечения нормируемого значения относительной влажности 40% выполнены расчеты по приведенной формуле (таблица 1).

Таблица 1 — Рабочая таблица для вычисления площади листовой поверхности, обеспечивающей нормативную влажность воздуха 40%

Показания сухого термометра, °С ( $x_1$ )	Разность показаний термометров, °С ( $x_2$ )	Необходимая площадь листового аппарата, м <sup>2</sup> ( $x_3$ )
7	4	22,125
12	5	19,75
17	6	17,375
24	7,5	15,125
32	9,5	15,625
34	10	15,75
36	10,5	15,875
38	11	16

Установлено, что для обеспечения нормативного значения относительной влажности необходима большая площадь листового аппарата, что недостижимо в условиях дошкольной организации. Таким образом, растения с данной проблемой могут справляться лишь отчасти, что требует проведения дополнительных мероприятий, в частности, применения иных способов увлажнения (например, использования автоматических увлажнителей воздуха).

Данные о влиянии площади листового аппарата на содержание углекислого газа в группах «наблюдения» и группах «контроля» в течение дня в ДОО представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Содержание углекислого газа в зависимости от площади листового аппарата

Площадь листового аппарата на площадь помещения, м <sup>2</sup>	Средние концентрации углекислого газа ( $M \pm m$ ) в воздухе группы наблюдения и группы контроля, ppm	
	группа «наблюдения»	группа «контроля»
0,5	1128,3 ± 48,43	1215 ± 55,6
1,7	940 ± 26,64*	1227,40 ± 10,7
2,5	918,77 ± 36,55*	1081,95 ± 35,6

\* различия показателей в группе наблюдения и в группе контроля статистически достоверные.

Установлено, что содержание углекислого газа в воздухе помещения группы «наблюдения» достоверно ниже его значений в группе «контроля» в 1,3 раза ( $p < 0,05$ ) при размещении растений с площадью листового аппарата 1,7 м<sup>2</sup> на площадь помещения 48 м<sup>2</sup>, в 1,2 раза ( $p < 0,05$ ) при размещении растений с площадью листового аппарата 2,5 м<sup>2</sup> на площадь помещения 48 м<sup>2</sup>.

По результатам проведенных исследований установлено, что комнатные растения, в частности *Chlorophytum comosum*, способствуют снижению содержания углекислого газа в воздухе закрытых помещений, выделяя кислород в процессе фотосинтеза, и предотвращают снижение регламентированных показателей относительной влажности воздуха при активном использовании нагревательных приборов в зимний период года. Для улучшения качества воздуха необходимо размещение

в групповой ячейке *Chlorophytum comosum* с площадью листовой поверхности от 1,7 м<sup>2</sup> на площадь помещения; для увеличения относительной влажности воздуха — с площадью листовой поверхности от 2,5 м<sup>2</sup> на площадь помещения.

### Литература

1. Phytoremediation of Volatile Organic Compounds by Indoor Plants: A Review / K.J. Kim [et al.] // *Hortic. Environ. Biotechnol.* — 2018. — Vol. 59, № 2. — P. 143–157.
2. Lee, B. X. Y. Phytoremediation Mechanisms in Air Pollution Control: A Review / B. X. Y. Lee, T. Hadibarata, A. Yuniarto // *Water Air Soil Pollut.* — 2020. — Vol. 231, № 8. — P. 1–13.
3. Evapotranspiration from spider and jade plants can improve relative humidity in an interior environment / E. W. Kerschen [et al.] // *Hort Technology.* — 2016. — Vol. 26, № 6. — P. 803–810.
4. Influence of an active living wall on indoor temperature and humidity conditions / L. Pérez-Urrestarazu [et al.] // *Ecological Engineering.* — 2016. — Vol. 90. — P. 120–124.
5. Metz, J. A. Influenza and humidity — why a bit more damp may be good for you! / J. A. Metz, A. Finn // *Journal of Infection.* — 2015. — Vol. 71. — P. S54–S58.

Поступила 05.09.2022

## ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОНТАМИНАЦИИ БИОСРЕД МЕТАЛЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ АЛЮМИНИЯ)

Ширинкина А. С., *shirinkina.ali@yandex.ru*,  
Долгих О. В., д. м. н., профессор, *oleg@fcrisk.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», г. Пермь, Россия

По темпам роста производства и потребления алюминий не имеет себе равных среди других материалов. Разнообразные свойства алюминия и его сплавов обусловили применение их в производстве более 500 тыс. различных изделий современной промышленности. Производственные мощности алюминиевых заводов и запасы алюминия во многом определяют мощь страны [1].

Как наиболее распространенный в земной коре металл, алюминий активно влияет на процессы жизнедеятельности организмов различного уровня. Несмотря на отношение к космическим компонентам биосферы, алюминий считается токсичным элементом [2].

Избыток алюминия и его соединений вызывает повышенную возбудимость, нарушения моторных реакций, головные боли. Высокая способность алюминия образовывать комплексные соединения обуславливает его роль в снижении активности многих ферментов и их систем. Особенно склонны к негативному воздействию алюминия дети. В структуре заболеваемости детей в зоне аэрогенного воздействия алюминия преобладают заболевания аллергического и иммунологического генеза [3]. Установлено, что идентифицированные белковые маркеры плазмы крови при сохраняющейся аэрогенной комбинированной экспозиции соединений алюминия позволяют прогнозировать развитие негативных эффектов в виде снижения активности гуморального звена иммунитета [4].

Иммунная система наряду с нейроэндокринными регуляторными факторами играет решающую роль в обеспечении адаптационного потенциала и поддержании гомеостаза в измененных условиях среды обитания, поэтому функциональные сдвиги иммунологических показателей служат эффективными индикаторными критериями состояния здоровья [5].

Целью исследования являлось научное обоснование маркеров клеточной регуляции и специфической чувствительности у детского населения в условиях избыточной контаминации биологических сред алюминием.

Проведено углубленное изучение состояния здоровья детского населения 4–6 лет, в рамках которого выполнено иммунологическое диагностическое обследование 78 детей (40 мальчиков, 38 девочек), постоянно проживающих в условиях аэрогенной экспозиции алюминием, группу сравнения составили 40 детей 4–6 лет (22 мальчика, 18 девочек), проживающих на «условно чистой» территории.

Содержание иммуноглобулина класса G специфического (далее — IgG<sub>спец.</sub>) к алюминию определяли в аллергосорбентном тесте с ферментной меткой. Идентифицировали специфические реактивы с использованием конъюгированных с пероксидазой антител. Исследование на содержание алюминия в биосредах выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Определение в сыворотке крови иммуноглобулинов классов А, G, М проводили при помощи реакции радиальной иммунодиффузии (по Манчини). Метод основан на специфическом связывании антитела с антигеном. Исследование фагоцитарной активности клеток проводили с использованием формализированных эритроцитов барана в качестве объектов фагоцитоза.

Фенотипирование CD-лимфоцитов проводили на проточном цитометре FACSCalibur фирмы «Becton Dickinson» с использованием универсальной программы CellQuest.Pro. Определение популяций и субпопуляций лимфоцитов (CD95+, CD16+CD56+, CD127-) проводили методом мембранной иммуофлюоресценции с использованием панели меченых моноклональных антител к мембранным CD-рецепторам (Becton Dickinson, USA), при этом регистрировали суммарно не менее 10 000 событий.

Для статистической обработки результатов исследования применялись методы математической статистики с помощью программы Microsoft Excel 2003 и пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft Inc., USA). Статистический анализ данных проводился методами описательной статистики и сравнения выборок (с использованием t-критерия Стьюдента и U-критерия Манна — Уитни). Характер статистического распределения по выборкам устанавливали по критерию согласия —  $\chi^2$ . Качественные данные представлены в виде абсолютных или относительных (%) частот, количественные признаки представлены как  $M \pm m$  (среднее арифметическое  $\pm$  ошибка среднего). Достоверность отличий между группами считали значимой при  $p \leq 0,05$ .

Химико-аналитические исследования биосред показали, что у детей группы наблюдения достоверно повышено содержание алюминия в крови по отношению к референтному уровню и группе сравнения (более чем в 2 раза) ( $p < 0,05$ ) (таблица 1).

Таблица 1 — Сравнительная оценка содержания алюминия в биосредах

Показатель	Референтный уровень	Группа наблюдения (n = 78)	Группа сравнения (n = 40)
Алюминий [кровь], мг/дм <sup>3</sup>	0,0065 $\pm$ 0,0035	0,037 $\pm$ 0,013 <sup>*,**</sup>	0,0107 $\pm$ 0,0057
Алюминий [моча], мг/дм <sup>3</sup>	0,006	0,036 $\pm$ 0,004 <sup>*,**</sup>	0,008 $\pm$ 0,003
IgG спец. к алюминию, у. ед.	0–0,1	0,281 $\pm$ 0,055 <sup>*,**</sup>	0,08 $\pm$ 0,042
* разница достоверна относительно референтного интервала ( $p < 0,05$ );			
** разница достоверна относительно группы сравнения ( $p < 0,05$ ).			

Обследованный детский контингент проживал в условиях аэрогенной экспозиции алюминием, которая соответствовала уровню референтной концентрации ( $R_{fc} = 0,005$  мг/м<sup>3</sup>), средняя концентрация алюминия в моче достоверно ( $p < 0,05$ ) превышала референтные значения в 6 раз и аналогичный показатель в группе сравнения в 4,5 раза. Достоверно повышен уровень специфической сенсибилизации к алюминию как по отношению к норме, так и к показателю группы сравнения (в 3,5 раза).

Клинико-лабораторные исследования состояния здоровья детского населения дошкольного возраста указывают на наличие дисбаланса регуляторных показателей иммунной системы (таблица 2). Сравнительный анализ с показателями физиологической нормы и группы сравнения показал, что в группе наблюдения отмечаются достоверные изменения значений показателей врожденного клеточного иммунитета — снижение фагоцитарного индекса по отношению к группе сравнения в 1,2 раза ( $p < 0,05$ ). В то же время использование методического приема оценки отношения шансов изменения иммунологических тестов при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволило установить достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение относительного и абсолютного фагоцитоза и фагоцитарного индекса при увеличении концентрации алюминия в моче ( $R_2 = 0,42–0,44$  при  $p < 0,05$ ).

Установлены разнонаправленные изменения содержания сывороточных иммуноглобулинов классов G, A и M относительно группы сравнения с существенным снижением значений всех анализируемых классов антител соответственно в 1,4, 1,2 и 1,4 раза ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2 — Иммунологические показатели детей дошкольного возраста, экспонированных алюминием

Показатели	Референтный интервал	Группа наблюдения (n = 78)	Группа сравнения (n = 20)
Абсолютный фагоцитоз, 10 <sup>9</sup> /дм <sup>3</sup>	0,964–2,988	1,011 $\pm$ 0,085*	1,881 $\pm$ 0,556
Фагоцитарный индекс, у. ед.	1,5–2	1,848 $\pm$ 0,075*	2,181 $\pm$ 0,204

Показатели	Референтный интервал	Группа наблюдения (n=78)	Группа сравнения (n=20)
IgG, г/дм <sup>3</sup>	10–16	10,171 ± 0,437*	14,477 ± 0,817
IgA, г/дм <sup>3</sup>	1,17–2,2	1,295 ± 0,092*	1,587 ± 0,23
IgM, г/дм <sup>3</sup>	1,26–2,2	1,399 ± 0,066*	1,997 ± 0,502
CD127-лимфоциты, отн., %	0,8–1,2	4,076 ± 0,923*,**	1,137 ± 0,446
CD16+56+-лимфоциты, абс., 10 <sup>9</sup> /дм <sup>3</sup>	0,09–0,59	0,252 ± 0,054*	0,309 ± 0,147
CD16+56+-лимфоциты, отн., %	5–27	10,25 ± 1,828*,**	10,367 ± 4,746
CD3+CD95+-лимфоциты, отн., %	15–25	21,65 ± 4,52*,**	12,0 ± 2,498
Карцио-эмбриональный антиген, нг/см <sup>3</sup>	0–2,9	1,193 ± 0,188*,**	0,795 ± 0,202
* разница достоверна относительно референтного интервала (p < 0,05); ** разница достоверна относительно группы сравнения (p < 0,05).			

Анализ отношения шансов изменения показателей гуморального иммунитета при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволил установить достоверное (p < 0,05) повышение концентрации IgG к алюминию при увеличении концентрации алюминия в моче (R<sup>2</sup> = 0,62 при p < 0,05).

Сравнительный анализ показателей CD-иммунограммы относительно нормы установил достоверное повышение содержания относительных Т-регуляторных лимфоцитов CD127-, отвечающих за супрессию иммунного ответа. При этом в группе наблюдения прослеживается достоверный рост активационного маркера CD95+, а также снижение содержания абсолютного и относительного количества киллерных клеток CD16+56+ относительно группы сравнения.

Зафиксирован достоверный рост уровня карцио-эмбрионального антигена (далее — КЭА) в группе наблюдения относительно группы сравнения в 1,5 раза (p < 0,05). Оценка отношения шансов изменения онкомаркеров при возрастании концентрации контаминантов в биологических средах позволила установить достоверное (p < 0,05) повышение концентрации КЭА при увеличении концентрации алюминия в моче (R<sup>2</sup> = 0,63 при p < 0,05).

По результатам проведенного исследования установлено, что у обследованного детского населения наблюдаются достоверные изменения врожденного клеточного иммунитета — снижение фагоцитарного числа по отношению к норме (p < 0,05) и контролю (p < 0,05) на 10–20%. Установлены разнонаправленные изменения содержания сывороточных иммуноглобулинов А, М и G с преимущественным дефицитом IgG (p < 0,05) (снижение в 1,4–1,5 раза по отношению к группе сравнения). Наблюдаются достоверные отклонения уровней фетальных белков от показателей группы сравнения: уровень КЭА выше показателя группы сравнения в 1,5 раза (p < 0,05). Выявлены изменения клеточного иммунитета, характеризующиеся чрезмерной активацией маркеров клеточной дифференцировки (CD95+, CD56+, CD127-), отвечающих за его саморазрушение (апоптоз), которые наряду с показателем повышенной чувствительности к соединениям алюминия (IgG к алюминию) указывают на изменения иммунологической толерантности и могут быть рекомендованы в качестве индикаторных показателей идентификации ранних негативных эффектов экспозиции алюминием.

## Литература

1. Дампилон, Ж. В. Влияние производства алюминия в России на окружающую среду / Ж. В. Дампилон // Вестн. Чуваш. ун-та. — 2008. — № 3. — С. 349–354.
2. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы. Влияние алюминия на жизнедеятельность растений / И. В. Шугалей [и др.] // Эколог. химия. — 2012. — Т. 21, № 3. — С. 172–186.
3. Yokel, R. The toxicology of aluminum in the brain: a review / R. Yokel // Neurotoxicology. — 2000. — Vol. 21, iss. 5. — P. 813–828.
4. Выявление омик-маркеров негативных эффектов, ассоциированных с аэрогенным комбинированным воздействием соединений алюминия и фтора / М. А. Землянова [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2022. — № 1. — С. 123–132.
5. Анализ показателей иммунного статуса у детей в условиях аэрогенной экспозиции металлами / О. В. Долгих [и др.] // Гигиена и санитария. — 2017. — Т. 96, № 1. — С. 26–29.

Поступила 12.09.2022

## Раздел 4

# ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ТЕЗИСЫ

### ОСОБЕННОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ-СПОРТСМЕНОВ (НА ПРИМЕРЕ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ)

*Выборная К. В., dombim@mail.ru,  
Семенов М. М., muradin-81@mail.ru,  
Раджабкадиев Р. М., 89886999800@mail.ru,  
Соколов А. И., sokolov@ion.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи, г. Москва, Россия

Физическое развитие (далее — ФР) ребенка оценивают на основании сопоставления индивидуальных показателей (морфологических, конституциональных и показателей состава тела), характеризующих уровень развития, с их средними значениями для данной возрастно-половой группы детей. Комплексная индивидуальная оценка ФР юного спортсмена должна проводиться с использованием специальных норм (спецнорм), разработанных для конкретного вида спорта. Для девочек и девушек в возрасте 6–17 лет, занимающихся художественной гимнастикой (далее — ХГ), специалистами лаборатории антропонутициологии и спортивного питания ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» были разработаны нормативные значения ФР (далее — спецнормы для ХГ), на которые целесообразно ориентироваться при его индивидуальной оценке.

Проведено трехкратное (с интервалом в 1 год) комплексное обследование девочки, занимающейся художественной гимнастикой. Причиной обращения на обследование послужила просьба тренера снизить массу тела до 23–24 кг, чтобы девочка выглядела более грациально. В соответствии с нормами роста-весовых показателей для программы спортивной подготовки по виду спорта «Художественная гимнастика», фактической длине тела спортсменки, которая на момент обследования составляла 126 см, должна соответствовать масса тела 24,6 кг. Во время первого, второго и третьего обследований возраст гимнастки составил 8 лет 10 месяцев, 9 лет 10 месяцев и 10 лет 10 месяцев соответственно, поэтому спортсменка была отнесена к возрастным группам 9, 10 и 11 лет. При оценке ФР использовали как стандарты Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ), так и спецнормы для ХГ.

Оценка основных морфологических параметров показала, что по длине тела обследованная была ниже среднего почти на 5 сантиметров (126 см, 132,5 см, 140 см) как в сравнении с нормами ВОЗ (132,8 см, 139 см, 145,3 см), так и в сравнении со спецнормами для ХГ (131,7 см, 140 см, 145 см), что показывает на отставание в физическом развитии по длине тела на один год (длина тела обследованной соответствовала нормативным значениям для 8-, 9- и 10-летней девочки).

В возрасте 9 лет гимнастка отставала по массе тела (25,8 кг), а в возрасте 10 и 11 лет (29,1 кг, 34 кг) соответствовала нормам ВОЗ (28,2 кг, 30,6 кг, 34,3 кг). При сравнении со спецнормами для ХГ (25,7 кг, 29,8 кг, 33,6 кг) масса тела гимнастки соответствовала нормам при всех трех обследованиях.

Для оценки степени гипотрофии или ожирения в педиатрии используется индекс Брока 2 (далее — ИБ2). Он показывает дефицит или избыток массы тела в процентном выражении по отношению к нормальным средним величинам и рассчитывается как соотношение фактической массы тела ребенка в килограммах, умноженной на 100%, к нормальной средней величине массы тела детей данного пола и возраста в килограммах. Индивидуальная оценка гимнастки показала, что значения ИБ2 в возрасте 9, 10 и 11 лет составили 91%, 95% и 99,4% соответственно в сравнении с данными ВОЗ и 97%, 97% и 101% соответственно в сравнении с данными спецнорм для ХГ.

При сравнении с нормами ВОЗ по индексу массы тела (13,1–18,3 — для 9 лет; 13,5–19,0 — для 10 лет; 13,9–19,9 — для 11 лет) обследуемая (16,3; 16,6; 17,3) находилась в интервале нормальных значений, но превышала спецнормы для ХГ (14,8; 15,2; 16,0). По обхвату бедер (66,5 см, 69 см, 72 см) обследуемая незначительно превышала спецнормы для ХГ (65,5 см, 68,2 см, 70,7 см), а по обхвату талии (56 см, 56,5 см, 57,5 см) была выше спецнорм для ХГ (53,3 см, 54,1 см, 55 см).

Оценка компонентного состава тела по относительным показателям, напрямую не зависящим от массы тела, но рассчитываемым на массу тела или тощую массу тела (далее — ТМТ), показала, что по жировой массе тела (12,1 %, 14,7 %, 11,1 %) девочка находится ниже спецнорм для ХГ (12,2 %, 15,1 %, 16 %), по показателю активной клеточной массы (49,5 %, 52,1 %, 48,8 %) девочка находится ниже спецнорм для ХГ (53 %, 53,9 %, 53,4 %) и по показателю скелетно-мышечной массы от ТМТ (47,5 %, 49,4 %, 52,2 %) девочка также находится ниже спецнорм для ХГ (49,6 %, 51,9 %, 52,5 %).

В соответствии со спецнормами для ХГ для группы 9 лет соматотип представлен формулой 1,8–3,6–4,1; для группы 10 лет — формулой 1,9–3,3–4,5 и для группы 11 лет — формулой 2,1–3,5–4,4. Доминирующим эталонным соматотипом в группе ХГ является мезо-экторморфный.

Первое обследование показало, что в 9 лет гимнастка принадлежала к сбалансированному мезоморфному типу конституции с цифровым обозначением соматотипа 2,3–4,5–2,6. К 10 и 11 годам соматотип гимнастки претерпел изменения и стал эктомезоморфным, так как балл эктоморфии стал более весомым в соматоформуле (2,4–4,3–2,9 — для 10 лет; 2,2–4,6–3 — для 11 лет). При этом значение балла мезоморфии преобладало в соматоформулах всех трех обследований и к третьему обследованию было самым большим, а значение балла эндоморфии уменьшилось. В сравнении со спецнормами для ХГ обследованная нами художественная гимнастка не соответствует «эталонному» соматотипу, поскольку имеет более развитый компонент мезоморфии, отвечающий за развитие мышечной ткани, и менее развитый компонент эктоморфии, отвечающий за грацильность и вытянутость скелета.

Трехкратная комплексная индивидуальная оценка ФР показала, что просьба тренера снизить массу тела для данной гимнастки является трудновыполнимой, поскольку девочка не соответствует морфотипу художественной гимнастики, обладая меньшим ростом и, соответственно, меньшим баллом эктоморфии, но хорошо развитым мышечным компонентом тела и, соответственно, большим баллом мезоморфии.

Поступила 13.09.2022

## КУРЕНИЕ И РЕСПИРАТОРНЫЕ АЛЛЕРГИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

*Девяткова Е. А., аспирант, lizadev94@gmail.com,  
Минаева Н. В., д.м.н., профессор, docnvm@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Пермь, Россия

Для здравоохранения актуальна проблема воздействия табака на болезни дыхательных путей. Курение традиционных сигарет играет значимую роль в патогенезе развития заболеваний респираторного тракта, так как органы дыхания являются основной мишенью воздействия табачного дыма. Известно, что курение табака является значительным фактором риска бронхиальной астмы. В настоящее время представляет научный интерес изучение влияния курения на аллергический ринит и сенсibilизацию к аллергенам. Табачный дым оказывает воздействие на слизистые дыхательных путей, способствуя изменению структуры и нарушению функций, а также при одновременном воздействии с аллергенами может усиливать активацию Th2-иммунного ответа, увеличивать выработку IgE, что, возможно, способствует развитию аллергических заболеваний (Strzelak A. et al., 2018).

В последние годы во всем мире среди молодежи получило распространение использование электронных сигарет, что становится в дальнейшем для многих началом употребления табачной продукции. Электронные сигареты, так же как и табачные изделия, доставляют никотин в организм человека. Компоненты аэрозоля электронных сигарет характеризуются раздражающими свойствами и ингаляционной токсичностью. Курение электронных сигарет, как и курение традиционных сигарет, может влиять на иммунитет слизистых оболочек дыхательных путей, включая функции эпителиальных клеток, макрофагов и нейтрофилов (Thiri6n-Romero I. et al., 2019). В настоящее время можно утверждать, что употребление электронных сигарет, как и других табачных изделий, может приводить к зависимости и в перспективе к заболеваниям дыхательных путей.

Табачный дым является известным триггером бронхиальной астмы. Однако данные о воздействии курения на сенсibilизацию к аллергенам противоречивы. Воздействие табачного дыма при аллергическом рините может увеличивать сенсibilизацию к аллергенам, и напротив, может снижать риск сенсibilизации к аллергенам, это связывают с результатом иммуносупрессивного механизма курения.

Сложные механизмы воздействия табачного дыма могут по-разному влиять на развитие аллергических заболеваний. Описана статистически значимая связь между активным курением и возникновением симптомов аллергического риноконъюнктивита. Исследование Songnuu T. и соавт. (2020) показало, что воздействие табачного дыма способствует обострению аллергического ринита у пациентов (Songnuu T. et al., 2020). Однако появляется все больше доказательств, подтверждающих связь между курением табака и хроническим неаллергическим ринитом. Когортное исследование, проведенное в Швеции с участием 27 879 человек, показало, что курение связано с более высокой распространенностью хронического неаллергического ринита и меньшей распространенностью аллергического ринита (Eriksson J. et al., 2013).

Так как аллергический ринит и бронхиальная астма часто являются коморбидными заболеваниями, необходимо оценивать курение как дополнительный фактор риска развития астмы у пациентов с аллергическим ринитом, не страдающих астмой. Самый высокий рост распространенности симптомов астмы отмечается у лиц, одновременно употребляющих традиционные и электронные сигареты (Li D. et al., 2020).

Несмотря на то что аллергический ринит — распространенное заболевание дыхательных путей, нет однозначных данных о влиянии курения и мотивации к отказу от курения у пациентов с аллергическим ринитом. Будущие исследования должны учитывать частоту курения сигарет в день, продолжительность периода, в течение которого курильщик подвергается курению, а также концентрацию котинина в крови и моче, так как котинин является метаболитом никотина и может обнаруживаться в биологических жидкостях у курящих.

В настоящее время необходимо проведение целенаправленной работы по повышению мотивации сознательного отказа от курения. Курение электронных сигарет — небезопасная альтернатива курению табачных изделий. Курение является дополнительным фактором риска развития бронхиальной астмы, в особенности у пациентов с аллергическим ринитом. Влияние курения на аллергическое воспаление, сенсибилизацию к аллергенам, формирование клинических симптомов и эффективность терапии аллергического ринита требует дальнейшего изучения.

Поступила 05.09.2022

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА ПОГРАНИЧНЫХ НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ У ШКОЛЬНИКОВ Г. АСТАНА**

*Мусина А.А., д.м.н., профессор, mussina.a@amu.kz,*

*Сулейменова Р.К., к.м.н., suleimenova.r@amu.kz,*

*Амирсеитова Ф.Т., amirseitova.f@amu.kz*

Некоммерческое акционерное общество «Медицинский университет Астана», г. Нур-Султан,  
Республика Казахстан

Проблема изучения особенностей проявления пограничной психической патологии подростков в значительной степени определяется исключительной значимостью данного периода онтогенеза личности в формировании всех систем психобиологической адаптации человека. Существенное место занимает изучение особенностей поведения. Отсутствие в настоящее время общепризнанных критериев возрастной нормологии психической деятельности в сочетании с выраженным патоморфологическим влиянием кризисных морфофункциональных метаморфоз крайне затрудняет не только нозологическую, но и синдромальную квалификацию состояния подростка. Поскольку пограничные психические расстройства проявляются зачастую социальной дезадаптацией, и наоборот, первично возникшие трудности социального функционирования ведут к развитию психической патологии, крайне актуальным представляется исследование психогенной и протективной роли в первую очередь социальных факторов.

В рамках гранта МОН РК были проведены: анкетный опрос и тестирование 260 подростков, опрос 44 родителей по стилям воспитания в семье, а также оценка характера учебных нагрузок учащихся 6–10 классов г. Астаны.

В соответствии с планом проекта было получено одобрение на проведение натуральных исследований от Локальной этической комиссии АО «Медицинского университета Астана», информированное согласие родителей, одобрение Департамента образования г. Астаны.

Психологическое обследование включало анкетный опрос по методике Эйдмиллера Э.Г., Юстицкиса В. «Анализ семейных взаимоотношений» (15 показателей), психологическое тестирование уровня психологического здоровья (28 показателей). Была проведена гигиеническая оценка школьного расписания подростков 2 школ г. Астаны с углубленным образовательным процессом по профилям: гуманитарный, физико-математический, химико-биологический, информационно-технологический. Характер распределения учебной нагрузки оценивался за 2014–2015 учебный год с 5 по 9 классы (всего 29 расписаний).

Анализ научной периодики показал, что исследование психического здоровья является объективной необходимостью, современные тенденции требуют оценки психического здоровья в совокупности психического, социального, психологического благополучия и состояния равновесия индивидуума с окружающей средой.

Неорганизованность, незанятость в свободное время, отсутствие каких-либо интересов провоцируют различные девиации в поведении у подростков, что на фоне переоценки и девальвации семейных ценностей усугубляется также дефицитом их знаний по ЗОЖ.

Противоречивость норм и ценностей в семье ставит подростков в ситуацию выбора, который часто носит протестный характер в виде девиантного поведения.

Продолжает оставаться значимым фактором риска повышенная чувствительность детского организма к неблагоприятным внешнесредовым воздействиям. Получение общего образования в школах предъявляет высокие требования к состоянию ведущих функциональных систем ребенка. С этими требованиями он зачастую не может справиться без риска потери здоровья.

Оценка характера учебных нагрузок показала, что в распределении учебной нагрузки не соблюдаются требования рекомендуемого МОН РК. В изучаемых школах максимальная нагрузка присутствовала во вторник, четверг, пятницу, что не соответствует физиологическим ритмам работоспособности учащихся (согласно требованиям, это должны быть вторник, среда), что еще раз свидетельствует о несоблюдении образовательными учреждениями требований к распределению учебной нагрузки и наличия фактора риска, способствующего развитию в статусе у учащихся признаков утомления.

Возрастная оценка психологического статуса показала, что в диапазоне «ярко выраженный риск» оказались возрастные группы 13–15 лет по 5 показателям. В основном это были показатели блока новообразований возраста, которые играют большую роль в выработке линии поведения. Основной причиной проявления у подростков личностных и дисциплинарных проблем являются признаки неустойчивости самооценки, что при низких волевых качествах и эмоциональной неуравновешенности будет проявляться девиацией.

Подростки 15 лет больше проявили себя высокой социальной зависимостью, нарушением у них социальных взаимодействий и ограниченностью доступа к ресурсам окружения.

Для 14-летних подростков был характерен дефицит базисных приобретений и социальных факторов риска, а деструктивный вектор больше проявился в усвоении негативных стереотипов поведения.

Анализ показал значимость группы факторов семейной системы, которые свидетельствовали о доминировании в семьях подростков деструктивных форм воспитания.

По биологическому блоку выявлен «риск» эмоциональных нарушений и нарушений в первые годы жизни у 13–14-летних подростков, что обосновывает необходимость применения других диагностических инструментов, в том числе функциональных исследований (электроэнцефалография, оценка вариабельности сердечного ритма), что позволит изучить нейрофизиологические особенности, которые бы подтвердили проявляющиеся на поведенческом уровне неуравновешенность, эмоциональную неустойчивость и неуправляемость подростков.

Оценка по полу показала, что достоверных различий в распределении диапазонов риска не было выявлено, и мальчики и девочки были в диапазонах наличия риска, что свидетельствовало о дефиците требуемых для психологического здоровья компонентов. Небольшие различия выявлены по интернальности, доступу к внутренним ресурсам и позитивности, а именно у девочек-подростков они были менее выражены. Подростки независимо от пола были неловки и скованны при контакте с другими, что для подготовки их ко вступлению в социально активный период жизни требует психотерапевтической коррекции.

Анализ черт воспитательного процесса подростков выявил основные недостатки семейного воспитания.

Ограничения и выявленные частые запреты способствуют акцентуации статуса, что при воздействии стресс-факторов будет усиливать астеничные черты характера.

Невнимание к детям может играть отрицательную роль за счет детерминирования отклонений в состоянии здоровья подростка, способствовать неблагоприятному развитию личности, провоци-

ровать отклоняющееся поведение и приобщение к референтным и неформальным группировкам с отягощающими последствиями.

Отсутствие контроля со стороны родителей, неорганизованность и незанятость в свободное время подростков будут провоцировать развитие их девиантного поведения.

Поступила 16.09.2022

## **ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ОЖИРЕНИЯ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Пырьева Е. А., к. м. н., epyrieva@mail.ru,  
Сафронова А. И., к. м. н., sai1509@yandex.ru,  
Гмошинская М. В., д. м. н., mgmosh@yandex.ru,  
Нетунаева Е. А., katemet@gmail.com,  
Алешина И. В., rodionovaiv@mail.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Ожирение относится к наиболее социально значимым неинфекционным заболеваниям современности и имеет неуклонную тенденцию к увеличению распространенности. Особую обеспокоенность вызывает рост числа случаев ожирения среди детского населения, затронувший все страны мира. В Российской Федерации (далее — РФ) за период с 2014 по 2018 г. общая заболеваемость ожирением среди детей увеличилась на 21,4%, первичная — на 8,7%.

Ожирение относится к заболеваниям мультифакториальной природы, к развитию которого предрасполагает множество средовых и генетических факторов.

В связи с этим выявление факторов риска формирования ожирения у детей на основе комплексной оценки влияния средовых факторов (нутритивного, особенностей раннего развития, семейных, этнических и др.) имеет важное значение, особенно с учетом территориальных особенностей РФ. Интерес представляет проведение исследования в различных регионах страны, что может послужить основой для формирования профилактических мероприятий на национальном и региональном уровнях.

Целью исследования была оценка значимости факторов риска формирования избыточной массы тела и ожирения у детей дошкольного и школьного возраста, включая нарушение их пищевого поведения, генетическую предрасположенность, социально-экономические факторы и региональные условия.

Для изучения влияния различных факторов на развитие ожирения и избыточной массы тела у детей дошкольного и школьного возраста разработана анкета для опроса их родителей, включающая данные по особенностям формирования пищевого поведения в раннем возрасте.

Представлены результаты опроса 1389 родителей детей дошкольного и школьного возраста, проживающих в Центральном федеральном округе (далее — ЦФО), Сибирском ФО (далее — СФО), Дальневосточном ФО (далее — ДФО). Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Microsoft Excel с использованием t-критерия Стьюдента (в случае нормального распределения данных) и методом Пирсона  $\chi^2$ . Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

При изучении факторов риска формирования ожирения у детей дошкольного и школьного возраста в различных регионах РФ (ЦФО, ДФО, СФО) установлены предпосылки в формировании ожирения у детей в дошкольном и школьном возрасте и выделены факторы, воздействие на которые в отдельные возрастные периоды может служить профилактикой формирования ожирения и избыточной массы тела у детей.

В числе этих факторов были изучены анамнестические (возраст матери и отца, наличие у них избыточной массы тела (далее — ИМТ) и ожирения, вес матери до беременности, вес и длина ребенка при рождении, продолжительность грудного вскармливания и др.), социальные (доход семьи, бытовые условия, вредные привычки матери), антропометрические.

В зависимости от значения z-score ИМТ по возрасту дети были разделены на 2 группы: с ИМТ и ожирением и с нормальной массой тела.

Проведение многофакторной линейной регрессии позволило выделить факторы, статистически значимо повышающие значение z-score ИМТ по возрасту: возраст матери, ИМТ родителей (в том

числе матери в прекоцептуальный период), массу тела ребенка при рождении, наличие вредных привычек (курения) у обоих родителей, проживание ребенка только с матерью, а также наличие у ребенка генотипа AA полиморфизма rs9939609 гена FTO. К факторам, способствующим снижению z-score ИМТ по возрасту ( $p < 0,05$ ), относится совместный прием пищи ребенка с родителями.

Особенности физического развития у детей из группы риска по формированию ожирения могут выступать в качестве ранних предикторов формирования избыточной массы тела и ожирения и позволят выделить контингент детей для реализации групповых профилактических мероприятий среди детского населения.

Поступила 06.09.2022

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ

Сафронова А.И., к.м.н., [sai1509@yandex.ru](mailto:sai1509@yandex.ru),  
Гмошинская М.В., д.м.н., [mgmsh@yandex.ru](mailto:mgmsh@yandex.ru),  
Тимошина М.И., [mtimoshina03@gmail.com](mailto:mtimoshina03@gmail.com)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Возникновение ожирения во многом объясняют нарушением регуляторных механизмов в антенатальном и раннем постнатальном онтогенезе, когда происходит программирование метаболизма. Важный вклад в формирование пищевого поведения оказывает организация вскармливания на первом году жизни. В литературе представлены данные, подтверждающие взаимосвязь между ранним введением продуктов прикорма и избыточной массой тела (далее — ИМТ) детей в последующие периоды детства, поздним введением прикорма с «избирательным» пищевым поведением. С другой стороны, ряд исследователей считают влияние сроков назначения прикорма, последовательности введения отдельных продуктов на риск формирования ожирения преувеличенным.

Представлены результаты опроса 1389 родителей детей дошкольного и школьного возраста, проживающих в Центральном федеральном округе (далее — ФО), Сибирском ФО и Дальневосточном ФО Российской Федерации (далее — РФ), проведенного с целью изучения влияния различных факторов на развитие ожирения и ИМТ.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Microsoft Excel с использованием t-критерия Стьюдента (в случае нормального распределения данных) и методом Пирсона  $\chi^2$ . Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

Проведен анализ раннего формирования пищевого поведения у детей, включенных в исследование (сроки введения прикорма, перевод на взрослый стол, сроки введения сахара и соли и др.). В зависимости от значения z-score ИМТ по возрасту дети были разделены на 2 группы: с избыточной массой тела и ожирением и с нормальной массой тела.

Практически во всех регионах, за исключением Дальневосточного ФО, отмечались различия в формировании пищевого поведения у детей, имеющих различные значения z-score ИМТ по возрасту. Первый прикорм вводили на 0,1–0,4 мес. раньше детям, сформировавшим в последующем ожирение или ИМТ. Существенных различий в навыках самостоятельного приема пищи у детей двух сравниваемых групп в изучаемых регионах не установлено, однако перевод на взрослый стол на 0,3–3,2 мес. раньше наблюдался чаще у детей, имевших ИМТ и ожирение; самостоятельно есть эти дети начинали, как правило, на 1,7–2,3 мес. раньше по сравнению с детьми, имевшими нормальную массу тела. Различий в сроках введения соли в питание детей раннего возраста между детьми с ИМТ и ожирением и детьми с нормальной массой тела установлено не было. Вместе с тем добавленный сахар в рацион детей с ИМТ и ожирением вводился на 0,2–1,2 мес. раньше по сравнению с детьми с нормальной массой тела.

За последние 10 лет произошли изменения в организации питания детей раннего возраста в РФ, способные оказывать негативное влияние на формирование пищевого поведения: ранний перевод на «общий стол», позднее овладение навыками самостоятельного приема пищи, тенденция к более раннему введению в рацион детей кондитерских изделий, газированных напитков с добавленным сахаром. При этом не нашла подтверждения зависимость ИМТ ребенка в школьном возрасте от возраста назначения прикорма в целом, а также использования фруктовых соков в качестве первого прикорма.

Поступила 06.09.2022

## Раздел 5

### ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. СТАТЬИ

#### АНАЛИЗ РИСКА ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННОГО КОНТАМИНАЦИЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

<sup>1,2</sup>Богданова О.Г., к. м. н., [olga.bogdanova2001@gmail.com](mailto:olga.bogdanova2001@gmail.com),

<sup>1,3</sup>Молчанова О.А., [olga\\_molchanova\\_1992@mail.ru](mailto:olga_molchanova_1992@mail.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ, Россия;

<sup>3</sup>Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Бурятия, г. Улан-Удэ, Россия

Глобализация производства и оборота пищевой продукции (далее — ПП), поддерживаемая региональным и международным маркетингом, прослеживаемая тенденция к увеличению доли населения с низкими доходами, а также особенности приготовления и потребления пищи в различных странах продолжают оказывать значительное влияние на безопасность продуктов питания и здоровье населения. Цепочки поставок продовольственного сырья и пищевых продуктов пересекают многочисленные национальные границы, что увеличивает интернационализацию рисков для здоровья человека, создаваемых микробиологической и химической контаминацией ПП. Так, по мнению С.А. Шевелевой и соавт., у населения Российской Федерации (далее — РФ) пищевой путь передачи возбудителей преобладает при вспышках острых кишечных инфекций (далее — ОКИ), а при некоторых нозологиях, например, сальмонеллезе, является основным [1]. Хотя, по мнению М. Aijuka, E. M. Vuys, на протяжении многих лет известно, что загрязнение источников пищи происходит через орально-фекальный путь, а механизмы, лежащие в основе его персистенции в открытых средах, включая пищевую цепочку, остаются практически неизвестными [2]. В связи с этим для защиты здоровья крайне важны эффективные системы контроля пищевых продуктов, основанные на учете рисков.

По данным государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Бурятия в 2019 году» в течение года исследовано 13 575 проб ПП с проведением более 42 тысяч исследований. При этом доля выявления ненормативных уровней контаминантов составила 2,4% по санитарно-химическим показателям и 4,9% — по микробиологическим, что ниже аналогичных показателей по РФ за 2019 г. в 1,7 и 1,4 раза соответственно. Вместе с тем показатели заболеваемости кишечными инфекциями превышают среднефедеративные, в том числе сальмонеллезом — в 2,3 раза, ОКИ установленной этиологии — в 1,6 раза. В связи с вышеизложенным необходимо проведение углубленного анализа в целях выявления потенциального риска причинения вреда здоровью, обусловленного контаминацией ПП на продовольственном потребительском рынке региона.

Источниками данных о контаминации ПП для проведения ретроспективного анализа за период 2016–2020 гг. явились сведения региональных информационных фондов социально-гигиенического мониторинга Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия». Оценку результатов лабораторных исследований провели согласно техническим регламентам Таможенного союза. Рассчитывали частоту нарушений обязательных требований безопасности к ПП по *i*-му фактору опасности в ходе одной проверки за каждый год и среднее значение за 5 лет (2016–2020 гг.). Анализ инфекционной заболеваемости выполнен на основании форм федерального статистического наблюдения № 1 и № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» по муниципальным образованиям Республики Бурятия за период 2016–2020 гг. Потенциальный риск причинения вреда здоровью вследствие употребления населением конкретной ПП (далее —  $R_{\text{пищ}}$ ) рассчитывали на основании данных государственной ведомственной статистики по формам: федеральное статистическое наблюдение № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации» за 2016–2020 гг.; статистический бюлле-

ть «Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации» в соответствии с Методическими рекомендациями «Классификация пищевой продукции, обращаемой на рынке, по риску причинения вреда здоровью и имущественных потерь потребителей для организации плановых контрольно-надзорных мероприятий», утвержденными Приказом Роспотребнадзора от 18.01.2016 № 16. Фактическое потребление ПП в год на одного жителя Республики Бурятия, а также число населения получены из официальных сведений территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Бурятия. Статистическая обработка результатов исследования проведена с помощью пакета программ Statistica 10.0 (StatSoft Inc., USA) общепринятыми методами. В качестве статистически значимых различий принимали  $p < 0,05$ .

Установлено, что на продовольственном потребительском рынке Республики Бурятия по санитарно-химической контаминации максимальная частота нарушений зарегистрирована по молоку и молочной продукции — 0,1 (0,09; 0,11), 95%-ный перцентиль — 0,2 на 1 проверку; минимальная частота нарушений отмечена по биологически активным добавкам к пище. По микробиологической безопасности наибольшая частота выявления нарушений зафиксирована также в молочной продукции — 0,08 (0,07; 0,08), 95%-ный перцентиль — 0,15 на 1 проверку; в продуктах детского питания промышленного изготовления. В число лидеров по частоте выявления нарушений по санитарно-химическим показателям безопасности вошли хлебобулочные, кондитерские изделия и соль йодированная (95%-ный перцентиль — 0,11 на 1 проверку), по микробиологическим — мясные продукты и кондитерские изделия (95%-ный перцентиль — 0,09 и 0,08 на 1 проверку соответственно).

Расчеты потенциального риска причинения вреда здоровью потребителей по результатам исследований ПП за 2016–2020 гг. показали, что пищевая продукция, отнесенная к первой категории «чрезвычайно высокого риска», за анализируемый период не выявлена, а ко второй категории «высокого риска» отнесены «Рыба, нерыбные объекты промысла и продукты, вырабатываемые из них», тогда как за период 2017–2019 гг., характеризовавшийся неблагоприятной ситуацией по сальмонеллезу, к данной категории риска относились «Птица, яйца и продукты их переработки». По третьей категории «значительного риска» отмечается различие со среднероссийскими показателями: в республике к ней отнесено 6 групп ПП «Птица, яйца и продукты их переработки», «Молоко и молочные продукты», «Кондитерские изделия», «Овощи», «Бахчевые культуры», «Безалкогольные напитки», из них 2 вида ПП (птица и молочные продукты) в среднем по РФ также включены в третью категорию «значительного риска».

По соотношению количества проведенных лабораторных исследований ПП и полученных при расчетах уровней потенциального риска причинения вреда здоровью, формируемого отдельными группами продовольственных товаров, установлена некоторая диспропорция. Установлено, что по рыбной, птицеводческой и молочной продукции, кондитерским изделиям, бахчевым культурам, безалкогольным напиткам, мукомольно-крупяным изделиям количества проведенных испытаний недостаточно. Максимальное количество лабораторных исследований проводится в группе «кулинарные изделия», что несопоставимо с уровнем  $R_{\text{пищ}}$ , формируемым данной продукцией.

Для уточнения ситуации на потребительском рынке республики нами проведен расчет потенциальных рисков причинения вреда здоровью потребителей, проживающих в 22 муниципальных образованиях, в ходе которого установлено, что наибольшие риски формирует ПП, обращаемая на территории г. Улан-Удэ, в котором проживает почти половина населения республики (44,54%). Практически во всех муниципальных образованиях республики продукция предприятий общественного питания за счет микробиологической контаминации сформировала умеренные риски, отнесенные к 5-й категории, подлежащей документарному и лабораторному контролю в 10 % плановых проверок юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих обращение данной продукции на рынке, за исключением г. Улан-Удэ, где уровень риска отнесен к 4-й категории.

Для выявления связи между потенциальным микробиологическим риском причинения вреда здоровью потребителей ПП и реализованным в виде заболеваемости ОКИ проведен корреляционно-регрессионный анализ. Выявлены прямые статистически значимые связи, которые свидетельствуют о наличии между изучаемыми признаками связи от заметной до высокой. Заметные связи отмечены между заболеваемостью ОКИ и  $R_{\text{пищ}}$  по результатам микробиологических исследований пищевой, рыбной, кулинарной продукции; между заболеваемостью острыми кишечными инфекциями неустановленной этиологии (далее — ОКИНЭ) и  $R_{\text{пищ}}$  — рыбной продукции. Высокий уровень связи установлен между заболеваемостью ОКИНЭ и кулинарной продукцией, мясом птицы. Указанные факторные признаки определяют от 28,6 до 67 % дисперсии зависимого признака — заболеваемости ОКИНЭ и ОКИ. Зависимости между заболеваемостью сальмонеллезом и  $R_{\text{пищ}}$  — по результатам микробиологических исследований пищевой, кулинарной продукции, мяса птицы; заболеваемостью ОКИ, ОКИНЭ и  $R_{\text{пищ}}$  от молочной продукции — статистически незначимы.

Анализ результатов санитарно-химических и микробиологических лабораторных исследований различных групп ПП показал, что частота нарушений обязательных требований безопасности ПП имеет свои региональные особенности, отличные от аналогичных показателей в среднем по РФ как по структуре, так и по их значениям. Если по РФ большую значимость имеют кулинарные изделия, произведенные по нетрадиционной технологии, мукомольно-крупяные, жировые растительные продукты (95%-ный перцентиль — 0,76; 0,68; 0,67 на 1 проверку соответственно), минимальные — по сокам, зерну и зернопродуктам (95%-ный перцентиль — 0,16 и 0,15 на 1 проверку соответственно), то на региональном потребительском рынке Республики Бурятия лидируют молоко и молочные продукты, минимальная частота выявления нарушений ненормативных требований установлена по продуктам детского питания промышленного изготовления и биологически активным добавкам к пище. Максимальные значения частоты нарушений требований к безопасности ПП, выявленные в ходе контрольно-надзорных мероприятий, в Республике Бурятия ниже в 3,8 раза, чем в среднем по РФ. Сложившаяся картина, с одной стороны, может свидетельствовать о более благоприятной ситуации, складывающейся на региональном потребительском рынке, и с другой стороны — о недостаточной оснащенности лабораторных центров современным оборудованием, позволяющим проводить адекватный спектр лабораторных исследований. Этим можно объяснить большую вероятность выявленных нарушений в ПП, обращаемой в г. Улан-Удэ, где диагностические возможности лабораторной службы выше по сравнению с районами Республики Бурятия.

Рассматривая категории рисков ПП, обращаемой на территории Республики Бурятия, необходимо отметить, что рыба, нерыбные объекты промысла и продукты, вырабатываемые из них, отнесены к высокому риску, птица и птицеводческая, молочная продукция — к значительному, так же, как и в среднем по РФ. Указанный факт требует проведения 100 % документарного и лабораторного контроля в рамках плановых проверок по перечню факторов, определяемых по результатам предыдущих проверок субъектов предпринимательства, осуществляющих обращение данной продукции на рынке. Установлено, что поставки рыбы, нерыбных объектов промысла и продуктов, вырабатываемых из них, а также птицы и птицеводческой продукции имели длинные трансрегиональные и международные логистические цепочки, увеличивающие возможность несоблюдения условий транспортировки и хранения ПП. Выявленные риски в молочной продукции более значительны именно в тех муниципальных образованиях, в которых функционируют местные молокоперерабатывающие предприятия, что может быть опосредовано их недостаточно развитой материально-технической базой. К среднему уровню риска, предусматривающему контроль в 50 % плановых проверок, отнесена кулинарная продукция, по которой зафиксировано максимальное количество лабораторных исследований. Необходимо отметить, что риски, формируемые в муниципальных образованиях республики, по данному виду ПП относятся к умеренным.

Потенциальные риски причинения вреда здоровью потребителей по результатам микробиологических исследований пищевой, рыбной и кулинарной продукции положительно коррелировали с реализованной заболеваемостью ОКИ по муниципальным образованиям Республики Бурятия, а пищевой, рыбной, кулинарной продукции и мяса птицы — с ОКИНЭ, что позволяет прогнозировать нестабильную эпидемиологическую ситуацию по данным нозологическим формам при сохранении выявленной частоты нарушений в ПП. Вместе с тем корреляционные связи потенциального риска молочной, кондитерской продукции с заболеваемостью ОКИ, ОКИНЭ, а также между мясом птицы, яйцами, продуктами их переработки с сальмонеллезом не установлены. С учетом данных о зависимостях уровня ОКИ от микробиологической контаминации мяса птицы это, вероятнее всего, обусловлено недостаточным уровнем лабораторного контроля указанной ПП в районах республики.

По результатам регрессионного анализа данных выявлена полиномиальная зависимость между  $R_{\text{питц.}}$  (далее —  $Y$ ) и количеством лабораторных исследований (далее —  $x$ ):  $Y = 1E-12x^3 - 8E-09x^2 + 1E-05x - 0,0011$  ( $R^2 = 0,2832$ ). Исходя из нелинейного характера связи, отмечаемых диспропорций между уровнем потенциального риска и количеством исследований можно рекомендовать внести коррективы в объем и направленность лабораторного контроля для ПП в Республике Бурятия. Так, целесообразно увеличить объем исследований до 3500–4500 проб по рыбной, птицеводческой, мясной продукции, кондитерским изделиям, до 1000–1500 проб — по безалкогольным напиткам, бахчевым культурам. Сохранить уровень исследований в объеме 4000–4500 проб по молочной продукции и овощам, 1000–1500 проб — по хлебобулочной, алкогольной продукции и картофелю. Но наряду с оптимизацией объемов исследований весьма важным является и рациональное распределение контрольно-надзорных мероприятий с использованием лабораторных методов на всех этапах производства и обращения ПП, начиная от получения сырья и заканчивая транспортировкой и реализацией готовой ПП. В Республике Бурятия доля предприятий, отнесенных к 3-й группе санэпидблагополучия, составила: предприятия пищевой промышленности — 4,9 %, организации

общественного питания — 5,3%, предприятия торговли — 8,5%, что определяет вероятность нарушений качества ПП.

Таким образом, выявлены потенциальные риски причинения вреда здоровью населения, связанные с безопасностью ПП, обращаемых на продовольственном потребительском рынке Республики Бурятия, что указывает на необходимость дальнейшего мониторинга содержания химических и микробиологических контаминантов в ПП. Следует отметить, что при более низкой частоте нарушений по микробиологическим показателям в сравнении с химическими потенциальный риск причинения вреда здоровью потребителей от воздействия микробиологической контаминации ПП выше. В связи с этим рекомендуется ориентировать лабораторный контроль на проведение исследований на всех этапах пищевой цепочки с целью повышения эффективности контрольно-надзорных мероприятий и предупреждения нарушений здоровья потребителей.

## Литература

1. Микробиологическая безопасность пищевых продуктов: разработка нормативно-методической базы / С.А. Шевелева [и др.] // Вопросы питания. — 2020. — Т. 89, № 4. — С. 125–145.
2. Aijuka, M. Persistence of foodborne diarrheagenic escherichia coli in the agricultural and food production environment: implications for food safety and public health / M. Aijuka, E. M. Buys // Food Microbiol. — 2019. — Vol. 82. — P. 363–370.

Поступила 12.09.2022

## МАРКИРОВКА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННЫМ С КОНТАМИНАЦИЕЙ ИНГРЕДИЕНТАМИ, ОБЛАДАЮЩИМИ АЛЛЕРГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Дурманова С. А., *pitanie\_f@rspch.by*,  
Цемборевич Н. В., к. м. н., *pitanie\_f@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время пищевые аллергии широко распространены в мире. У лиц, подверженных пищевым аллергиям, появляются симптомы различной степени выраженности в результате употребления продуктов, которые для большинства населения являются частью здорового рациона. При этом неблагоприятная реакция на пищевой продукт у подверженных аллергии лиц может возникнуть при попадании в организм даже небольшого количества аллергена [1, 2]. В связи с этим важным элементом обеспечения безопасности пищевых продуктов для лиц с пищевой аллергией или непереносимостью является информирование потребителей об использовании ингредиентов, обладающих аллергенными свойствами [3]. Техническим регламентом Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (далее — ТР ТС 022/2011) [4] установлен перечень компонентов, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказано при отдельных видах заболеваний. В случае применения при изготовлении продукции такие пищевые компоненты указываются на маркировке продукции в ингредиентном составе. Данная мера направлена на обеспечение своевременного информирования потребителей, страдающих пищевыми аллергиями. Однако полностью исключить риск кросс-контаминации пищевой продукции аллергенами невозможно [5].

Для разработки мер по управлению риском здоровью, обусловленным кросс-контаминацией пищевой продукции аллергенами в процессе ее производства, на республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» было проведено исследование содержания приоритетных аллергенов согласно ТР ТС 022/2011 в 97 образцах пищевой продукции и продовольственного сыра.

Методом иммуноферментного анализа в 40 образцах пищевой продукции изучено содержание белков-аллергенов яиц, лактозы, сои, глютена, горчицы, лесного ореха. Были обнаружены низкие концентрации (0,1–5,0 мг/кг) белков-аллергенов яиц, сои, глютена, горчицы, лесного ореха среди большого количества других белков. При этом в трех из восьми исследованных образцов пищевых продуктов, на упаковке которых была приведена надпись «без лактозы», аллерген лактозы был обнаружен на уровне 0,0003–0,0012 г/100 г. Из пяти образцов пищевых продуктов, на маркировке которых была приведена надпись «без сои», в двух образцах аллерген сои был обнаружен на уровне

0,85–0,9 г/100 г. Из десяти образцов, на маркировке которых было указано «без глютена», в одном образце было обнаружено 23,9 мг/кг глютена. Из 17 образцов, на маркировке которых было приведено «может содержать следы горчицы», горчица была обнаружена в 30 % образцов. Из 13 образцов, на маркировке которых было приведено «может содержать следы яиц», аллерген куриного яйца был обнаружен в 1 образце.

Аллерген диоксида серы и сульфиты в пищевых продуктах определяли с помощью йодометрического и титриметрического методов анализа. Титриметрическим методом в 33 образцах продуктов, таких как фруктово-ягодные кондитерские изделия, мармелад, карамель с фруктово-ягодными начинками, глазированные сухофрукты, проведено исследование содержания диоксида серы, которое не превышало 10 мг/кг, что, согласно действующим нормативным требованиям, позволяет не выносить информацию об использовании указанного аллергена на маркировку продукции. В 12 образцах продуктов переработки фруктов и овощей, в том числе цукатах, изюме, в сушеных фруктах, овощах, плодах и орехах, при исследовании содержания аллергена диоксида серы йодометрическим методом следы данного аллергена были обнаружены во всех образцах, при этом на маркировке исследованных образцов не были указаны сведения о содержании диоксида серы. Указанное свидетельствует о необходимости лабораторного контроля содержания диоксида серы и сульфитов в сырье при производстве гипоаллергенной продукции.

В 69 образцах пищевой продукции методом высокоэффективной жидкостной хроматографии исследовано содержание синтетических красителей. В результате исследований в 26 % исследуемых образцов было обнаружено наличие азорубина (E122), желтого хинолинового (E104), желтого солнечного заката (E110), красного очаровательного (E129), тартразина (E102) в количествах от 1,7 до 68,1 мг/кг (рисунок 1). При этом на маркировке отсутствовала информация о содержании синтетических красителей. Согласно международным и национальным нормативным документам для пищевых продуктов, содержащих вышеперечисленные красители, маркировка должна включать предупреждающую надпись: «Содержит краситель (красители), который (которые) может (могут) оказывать отрицательное влияние на активность и внимание детей».

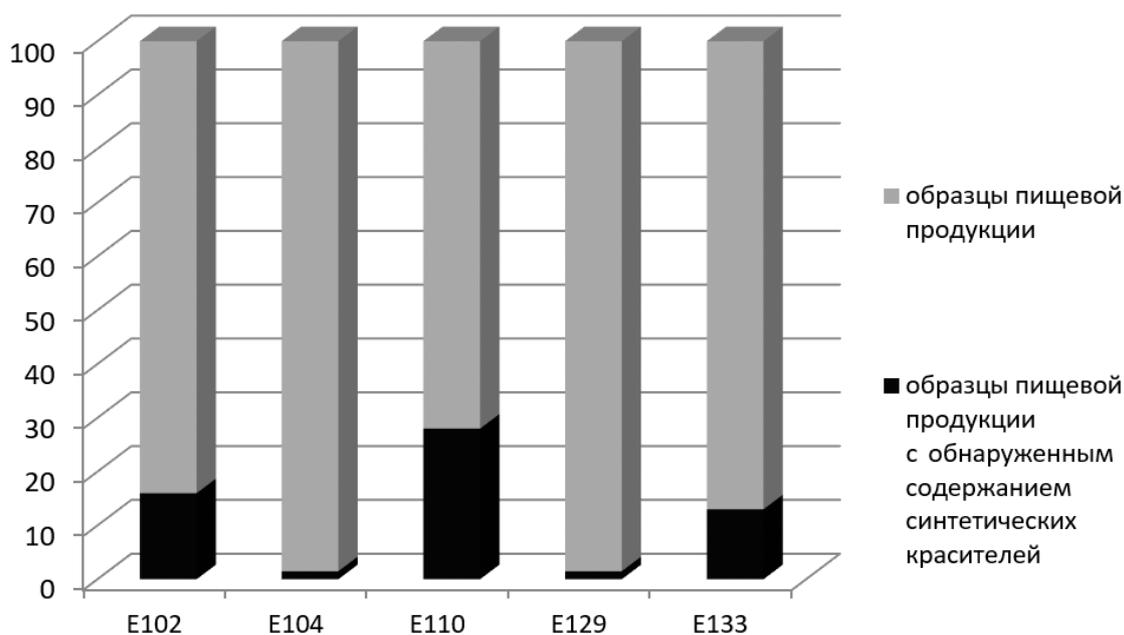


Рисунок 1 – Содержание синтетических красителей в исследованных образцах пищевой продукции, %

Методом полимеразной цепной реакции (далее – ПЦР диагностики) в режиме реального времени было исследовано 64 образца пищевой продукции по выявлению последовательностей, кодирующих дезоксирибонуклеиновую кислоту (далее – ДНК) аллергенов сои, ракообразных, грецкого и миндального ореха. Было исследовано 24 образца по выявлению последовательностей, кодирующих ДНК аллергенов сои. В 18 образцах искомая последовательность ДНК была обнаружена. Из исследованных 20 образцов ДНК ракообразных была выявлена в 10 образцах, при этом в 2 образцах, представляющих собой многокомпонентную смесь, ДНК искомого аллергена была обнаружена во всех компонентах этой смеси. Из 29 образцов пищевой продукции ДНК грецкого ореха была вы-

явлена в 6 образцах. Из 29 образцов ДНК миндального ореха была выявлена в 14 образцах. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что метод ПЦР является приемлемым и может быть использован как самостоятельный при определении последовательностей соответствующих видов, содержащих аллергены, а также целевых последовательностей нуклеиновой кислоты, и может быть использован как дополнительный инструмент при исследовании кросс-контаминации пищевой продукции ингредиентами, обладающими аллергенными свойствами.

Результаты исследований свидетельствуют, что во многих точках продовольственной цепи может происходить перекрестное загрязнение аллергенами. С целью минимизации непредумышленного попадания аллергенов в продукты питания на предприятиях пищевой промышленности необходима разработка комплекса мероприятий по управлению аллергенами, который должен рассматриваться как расширение существующей системы управления безопасностью пищевой продукции. Целесообразно проводить оценку вероятности перекрестного загрязнения аллергенами на каждом этапе производства пищевых продуктов, начиная с входного контроля сырья до этапа реализации готовой продукции. При этом агрегатное состояние используемого аллергена представляет разную степень риска перекрестного загрязнения.

Важным элементом предотвращения контаминации аллергенами пищевой продукции является упаковка и маркировка поставляемых ингредиентов. Поступающие продукты, которые сами являются аллергенами или содержат аллергены, должны быть промаркированы таким образом, чтобы присутствующие в них аллергены можно было идентифицировать с помощью общеупотребительных терминов (например, если одним из ингредиентов является казеин, следует использовать термин «молоко»). У производителей должна быть налажена система четкой идентификации аллергенсодержащих ингредиентов с разным аллергенным профилем (например, бирки или цветовая маркировка ящиков/поддонов/мешков), благодаря которой будет понятно, что обращение с такими ингредиентами требует особых мер предосторожности на всей территории предприятия. Необходимо оценивать способ упаковывания пищевой продукции и барьерные свойства упаковочных материалов. Способ упаковывания должен препятствовать контаминации пищевой продукции аллергенами. Гипоаллергенная продукция должна упаковываться в потребительскую тару. Производители должны вести процедуры обеспечения правильности содержащейся на этикетках информации об аллергенах и проверки правильности этикеток, используемых для маркировки продуктов на производственных линиях на этапах упаковки и маркировки. Это могут быть ручные и/или автоматизированные проверки, например распознавание штрихкодов или системы визуального контроля, позволяющие убедиться в правильности используемой упаковки.

Для оценки необходимости вынесения на маркировку предупредительной надписи о возможном содержании аллергенов в пищевой продукции целесообразно:

- проводить анализ состава пищевой продукции;
- определять вероятность попадания аллергенов в конечный пищевой продукт путем кросс-контаминации как через сырье, так и через производственный процесс;
- проводить лабораторный контроль наличия аллергенов в пищевой продукции и на поверхностях технологического окружения.

На основании результатов оценки даются рекомендации о необходимости вынесения на маркировку предупреждающей надписи о возможном содержании аллергенов в пищевой продукции.

## Литература

1. *Василевский, И. В.* Современные клинико-фармакологические подходы к лечению аллергических заболеваний / И. В. Василевский, С. В. Федорович // Аллергология. Профпатология. Гигиена. Дерматология. — Минск, 2014. — С. 143–155.
2. *Кунгуров, Н. В.* Атопический дерматит. Типы течения, принципы терапии / Н. В. Кунгуров, Н. В. Герасимова, М. М. Кохан. — Екатеринбург, 2000. — 265 с.
3. Пищевые аллергии [Электронный ресурс]: информационная записка ИНФОСАН No. 3/2006 / Всемир. орг. здравоохранения. — 2013. — Режим доступа: [https://studylib.ru/doc/2\\_291\\_941/pishhevye-allergii--world-health-organization](https://studylib.ru/doc/2_291_941/pishhevye-allergii--world-health-organization). — Дата доступа: 22.08.2022.
4. Пищевая продукция в части ее маркировки [Электронный ресурс]: ТР ТС 022/2011. — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Pages/PishevkaMarkirovka.aspx>. — Дата доступа: 22.08.2022.
5. *Пампура, А. Н.* Пищевая аллергия у детей раннего возраста / А. Н. Пампура, Е. Е. Варламов, Н. Г. Конюкова // Педиатрия. — 2016. — № 3. — С. 152–157.

Поступила 12.10.2022

## АНАЛИЗ ЖИРОВОГО КОМПОНЕНТА РАЦИОНА СТУДЕНТОВ С ПОЗИЦИЙ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Дюбкова-Жерносек Т.П., к.м.н., доцент, [djubkova\\_t\\_p@mail.ru](mailto:djubkova_t_p@mail.ru)

Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

В новой редакции объединенных европейских рекомендаций по кардиоваскулярной профилактике в клинической практике (2021) здоровое питание признано краеугольным камнем профилактики сердечно-сосудистых заболеваний [1]. Для снижения риска коронарных и цереброваскулярных событий рекомендуется использование средиземноморской диеты и ее аналогов. Большое внимание уделяется качественному и количественному составу нутриентов, в том числе жирнокислотному компоненту рациона. Повышенный риск сердечно-сосудистых заболеваний, в основе которых лежит атеросклероз, ассоциируется с регулярным потреблением насыщенных жирных кислот, пищевым источником которых являются животные жиры, и трансизомеров жирных кислот, имеющих абсолютно атерогенный характер и входящих в состав пищевых трансжиров (высоким содержанием отличаются блюда быстрого приготовления). Приоритетное место в европейских рекомендациях занимает тезис о том, что основой здорового питания является преимущественно растительная, а не животная пища. Моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, основным источником которых являются растительные масла и жирная морская рыба, благотворно влияют на липидный обмен, снижая в крови уровни общего холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности, препятствуют развитию и прогрессированию атеросклероза коронарных и мозговых артерий и связанных с ним заболеваний.

Цель работы — на основе данных опроса оценить жировой компонент рациона студентов (по частоте потребления основных пищевых источников жирных кислот) с позиций риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Для формирования исходной выборки использован случайный бесповторный отбор респондентов, являющихся студентами 1–3 курсов Белорусского государственного университета (далее — БГУ). Обязательным условием участия в исследовании было их добровольное информированное согласие. Фактический размер выборки составил 464 респондента, что меньше запланированного из-за отсутствия в части случаев отклика (отказ от участия в исследовании, отсутствие на момент опроса). Инструментом исследования была специально разработанная и предварительно апробированная на небольшой выборке анкета (в настоящее исследование результаты не включены). Статистическому анализу подлежали 433 единицы наблюдения (выбросов анкет составила 6,7%). Верифицированная выборка включала 314 девушек (72,5%) и 119 юношей (27,5%). Медиана возраста респондентов — 19,0 [18,0; 19,0] лет.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft Inc., USA). Анализ соответствия распределения переменных закону нормального распределения осуществлялся методом построения и визуальной оценки гистограмм, для проверки гипотезы использован критерий Колмогорова — Смирнова. Меры центральной тенденции и рассеяния количественных признаков, не имеющих приблизительно нормального распределения, описаны в виде медианы (далее — Me), верхнего (далее —  $Q_{25}$ ) и нижнего (далее —  $Q_{75}$ ) квартилей — Me [ $Q_{25}$ ;  $Q_{75}$ ]. При нормальном распределении количественные показатели описаны в виде средних значений и стандартного отклонения (далее —  $M \pm SD$ ). Относительные величины, характеризующие частоту или структуру явления, представлены в виде процентов. Статистическая значимость различий относительных показателей оценивалась с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез принят  $p \leq 0,05$ .

Результаты опроса свидетельствуют о том, что студенты включают в рацион недостаточное количество жирной рыбы северных морей (тунца, сельди, горбуши, сардины, форели, лосося, палтуса), являющейся важным источником  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот, обладающих кардиопротективным действием. Следует подчеркнуть, что эйкозапентаеновая и докозагексаеновая жирные кислоты содержатся только в жирной морской рыбе. Наиболее высокое их содержание отмечается в рыбе семейства лососевых (горбуша, лосось атлантический, кета) [2]. Согласно современным научно обоснованным данным, для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний рекомендуется употреблять морскую рыбу не менее двух-трех раз в неделю, из них хотя бы один раз — жирную рыбу северных морей. Приверженцами данных рекомендаций являются только 7,8% (27 / 344) студентов, причем среди них больше доля юношей, чем девушек ( $\chi^2 = 5,01$ ;  $p = 0,025$ ). Несколько раз в месяц морскую рыбу едят 60,5% (208 / 344) юношей и девушек, а 18,9% респондентов отмечают, что вклю-

чают ее в рацион лишь несколько раз в год. Каждый пятый респондент (20,6 %) указал в анкете, что не употребляет морскую рыбу («не любит», не нравится вкус и/или запах), а 5,8 % (25 / 433) юношей и девушек едят рыбу неохотно, хотя, правда, считают ее полезным продуктом питания и именно по этой причине включают в свой рацион.

Студенты недостаточно используют в питании также растительные источники  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот, например, льняное масло (содержит альфа-линоленовую кислоту) и орехи (кедровые, пекан, лесные, грецкие, миндаль и др.). Так, 86,8 % (376 / 433) юношей и девушек утверждают, что никогда не пробовали льняное масло. Только 10,4 % (45 / 433) респондентов иногда (по данным анкетирования — очень редко) употребляют льняное масло, хотя владеют информацией о его пищевой ценности. Согласно результатам опроса, орехи употребляют 89,8 % студентов, но частота включения их в рацион варьируется в широких пределах. Каждый десятый респондент отмечает, что не ест орехи и не считает их ценным продуктом питания. В вышеупомянутом европейском документе по кардиоваскулярной профилактике рекомендуется употреблять не менее 30 г несоленых орехов в день для достижения кардиопротективного эффекта.

Абсолютное большинство (94,2 %) студентов использует при жарке мяса и других продуктов растительные и животные жиры, что противоречит современным рекомендациям по здоровому питанию. Среди растительных жиров, подвергающихся глубокой термической обработке и, как следствие, являющихся источником вредных для организма химических соединений, лидирует подсолнечное масло — 72,8 % (297 / 408). Для заправки свежих овощных салатов 40,2 % (169 / 420) студентов чаще всего используют оливковое масло, 20,7 % (87 / 420) — подсолнечное, в то время как почти четверть респондентов (23,8 %) отдает предпочтение сметане. Следует отметить, что юноши и девушки недооценивают роль некоторых растительных масел (рапсового, ядер грецкого ореха и др.) в качестве натурального источника ненасыщенных жирных кислот, редко включая их в рацион. Отдельные студенты не владеют информацией о необходимости употребления различных видов растительных масел, оказывающих из-за различного жирнокислотного состава неравноценный эффект в плане профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Каждый восьмой студент из числа опрошенных считает продуктом выбора для заправки овощных салатов майонез промышленного изготовления, что также противоречит классическим канонам здорового питания.

Мясо домашних животных (крупного рогатого скота, свиньи, птицы и др.) ежедневно включают в рацион 98,2 % (425 / 433) студентов. Более половины (68,9 %) респондентов едят в основном мясо птицы. С точки зрения уменьшения риска сердечно-сосудистых заболеваний, ассоциированных с атеросклерозом коронарных и мозговых артерий, и смертности от них употребление белого мяса является предпочтительным. Рекомендуется ограничить употребление красного мяса и периодически заменять его в течение недели на мясо птицы, рыбу или бобовые (чечевицу, фасоль, сою). Необходимо минимизировать количество промышленно обработанного мяса. Однако детальный анализ питания студентов первого курса университета показал, что в рационе 67,0 % (77 / 115) из них часто присутствуют продукты, богатые холестерином и насыщенными жирными кислотами (колбасы вареные и сырокопченые, сосиски и другие мясные гастрономические продукты, свинина, масло сливочное повышенной жирности, сыры с массовой долей жира в сухом веществе более 30 % и др.). Доля студентов, предпочитающих коровье молоко с массовой долей жира 3,2–3,5 %, в два раза больше по сравнению с долей сверстников, употребляющих молоко пониженной жирности.

По данным опроса, 83,4 % (361 / 433) студентов используют в питании высококалорийные блюда быстрого приготовления (пиццу, картофель фри, наггетсы, картофельные чипсы, гамбургер, чизбургер и др.), содержащие консерванты и усилители вкуса, избыток соли и сахара, а также насыщенные жирные кислоты и трансизомеры жирных кислот промышленного происхождения. Доказано, что последние увеличивают риск сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с атеросклерозом, повышая в крови уровень общего холестерина и снижая содержание холестерина липопротеинов высокой плотности. Увеличение содержания трансизомеров жирных кислот в среднем на 2 % от общей калорийности рациона увеличивает риск коронарной болезни сердца на 23 % как у мужчин, так и у женщин [3]. Согласно результатам исследования, фастфуд привлекает 63,2 % (228 / 361) юношей и девушек вкусовыми качествами. Почти одна треть (29,4 %) респондентов считает, что преимущества такой пищи для студента — быстрота приготовления, удобство и отсутствие необходимости поиска специально отведенного места для приема пищи (со слов студентов, можно питаться в пути, во время короткого перерыва между парами занятий и т.п.). Фактор цены имеет значение только для 6,1 % (22 / 361) студентов, которые утверждают, что питаться фастфудом недорого по сравнению с традиционным питанием. Подавляющее большинство респондентов (87,9 %) информированы о том, что фастфуд относится к категории нездорового питания, но это не является препятствием для употребления ими блюд быстрого приготовления. Следует отметить, что регулярное употребление

блюды быстрого приготовления, содержащих сахар и насыщенные жирные кислоты, является фактором риска потери контроля над массой тела, избыток которой служит, в свою очередь, большим фактором риска артериальной гипертензии и ассоциированных с ней заболеваний коронарных и мозговых сосудов. Более половины студентов (59,6%) едят фастфуд несколько раз в месяц, а 15,5% юношей и девушек (56 / 361) — каждую неделю. Четверть респондентов (24,9%) употребляет блюда быстрого приготовления несколько раз в год. Обращает на себя внимание тот факт, что среди студентов, включающих фастфуд в рацион каждую неделю, больше доля курящих юношей и девушек по сравнению с некурящими ( $\chi^2=6,29$ ;  $p=0,012$ ). Студенты-юноши чаще употребляют продукцию предприятий быстрого питания, чем девушки ( $\chi^2=5,17$ ;  $p=0,023$ ).

Таким образом, результаты опроса студентов 1–3 курсов БГУ подтверждают гипотезу, сформулированную при планировании настоящего исследования, о необходимости оптимизации жирового компонента рациона с увеличением в нем квоты источников  $\omega$ -3 полиненасыщенных жирных кислот (содержащихся преимущественно в жирной морской рыбе), а также некоторых жирных кислот, источником которых являются продукты растительного происхождения (например, льняное семя, орехи). Наряду с этим требуется уменьшение в структуре рациона обучающихся доли продуктов, являющихся источником насыщенных жирных кислот и трансизомеров жирных кислот промышленного происхождения, прежде всего блюд быстрого приготовления (фастфуда) и мясных гастрономических продуктов (обработанного красного мяса). Алиментарная профилактика сердечно-сосудистых заболеваний, занимающих в течение ряда десятилетий лидирующие позиции в структуре причин преждевременной смертности населения, в том числе в трудоспособном возрасте, требует модификации пищевых привычек студентов и учета научно обоснованных европейских рекомендаций по кардиоваскулярной профилактике в части здорового питания. Для достижения поставленной цели требуется разработка просветительских программ, повышающих осведомленность студентов учреждений высшего образования (немедицинского профиля) в вопросах здорового питания, а также организация образовательных и информационных мероприятий, направленных на повышение уровня медико-гигиенической культуры в этой области в контексте сердечно-сосудистой профилактики.

## Литература

1. ESC National Cardiac Societies; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice / F. L. J. Visseren [et al.] // Eur. Heart. J. — 2021. — Vol. 42, N. 34. — P. 3227–3337. doi: 10.1093/eurheartj/ehab484.
2. Солтан, М. М. Гигиенические требования к организации питания детей и подростков: учеб.-метод. пособие / М. М. Солтан, Т. С. Борисова. — Минск: БГМУ, 2017. — 68 с.
3. Trans fatty acids and cardiovascular disease / D. Mozaffarian [et al.] // N. Engl. J. Med. 2006. — Vol. 354, № 15. — P. 1601–1613.

Поступила 05.09.2022

## ЭФФЕКТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПИЩЕВОГО КРАСИТЕЛЯ ТАРТРАЗИНА И ВИТАМИНА С НА *DROSOPHILA MELANOGASTER L.*

Лукьянчик И. Д., к. с.-х. н., доцент, [idl-27@tut.by](mailto:idl-27@tut.by),  
Петручик Е. С., [petruchik.katya@bk.ru](mailto:petruchik.katya@bk.ru)

Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»,  
г. Брест, Республика Беларусь

Совершенствование технологий производства пищевых продуктов способствовало увеличению разнообразия пищевых добавок. Их число сегодня превышает 1500 наименований, среди которых появилось большое количество веществ синтетического происхождения. Синтетические пищевые добавки вносятся в продукты в минимально необходимом для достижения технологического эффекта количестве, однако в научной литературе встречается информация об их побочном негативном действии, что является причиной ограничения спектра применения или постепенного отказа от их использования.

Наиболее распространенными в наше время являются пищевые красители, среди которых для сокращения себестоимости продукта используются синтетические формы. Одним из них является тартразин (далее — E102) — пищевой краситель желтого цвета, который используется при изготовлении конфет, напитков, кондитерских изделий, мороженого, майонезов, чипсов, а также фармакологических препаратов, косметических средств и т.д.

Анализ научной информации показал, что тартразин может оказывать негативное влияние на здоровье человека: его употребление изменяет фагоцитарную активность лейкоцитов человека (угнетение и стимуляция фагоцитоза, переваривания, метаболизма), усиливает экспрессию CD25 на лимфоцитах и модулирует секрецию лейкоцитами цитокинов TNF $\alpha$  и IL-6, вызывающих снижение иммунитета и развитие аллергических реакций [1]. Помимо этого, E102 может вызывать изменения в опорно-двигательном аппарате крыс, влиять на работу и структуру внутренних органов человека и животных, изменять популяционные характеристики [2, 3]. У детей была установлена особая восприимчивость к тартразину, в том числе гиперактивность, раздражительность, беспокойный сон [4].

В Республике Беларусь в Законе «О качестве и безопасности пищевых продуктов» присутствует «Концепция ФАО/ВОЗ периодического пересмотра», суть которой состоит в проведении повторного рассмотрения конкретной пищевой добавки по мере накопления сведений о ее влиянии на организм человека или животных.

Для контроля качества пищевой продукции наряду с широко распространенными физическими и химическими методами анализа все чаще используют биологические. Благодаря своим биологическим характеристикам дрозофила *Drosophila melanogaster* L. оказалась универсальным модельным тест-объектом среди эукариот и на протяжении многих лет активно используется учеными не только для понимания фундаментальных биологических процессов, которые непосредственно связаны со здоровьем человека, но и в биотестировании для выявления потенциальной опасности соединений или факторов для организма человека (Юрченко Н.Н., 2015).

Целью данного исследования являлась оценка эффективности использования витамина С для снижения негативного воздействия пищевого красителя тартразина на *Drosophila melanogaster* L. по критериям «плодовитость потомства» и «соотношение полов» на протяжении пяти поколений.

Научно-исследовательская работа проводилась на базе кафедры зоологии и генетики учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина». В качестве тест-объекта использовалась лабораторная дикая линия *Drosophila melanogaster* L. Berlin из генетической коллекции кафедры. Данная линия несет доминантные аллели генов, расположенных в хромосоме II:  $b^+$  (серое тело),  $sn^+$  (красные глаза) и  $vg^+$  (нормальные крылья).

В качестве объектов исследования были использованы синтетический пищевой краситель E102 и витамин С. Материалами исследования являлись раствор пищевого красителя тартразина (производитель — ООО «Зеленые Линии», РФ) в концентрации 1,0% (0,01 предельно допустимая концентрация), что соответствовало технологической концентрации при производстве пищевых продуктов, а также раствор витамина С в концентрации 0,07% (фармакологическая доза). Исследуемые растворы готовились путем растворения витамина С и порошкообразного красителя E102 в дистиллированной воде.

Мушки выращивались на стандартной питательной среде (по методике Медведева Н.М.) в пенициллиновых флаконах с объемом среды 4 мл. В ходе эксперимента растворы пищевой добавки и витамина вводились непосредственно в пищевой субстрат. Варианты питательных сред: 1) с E102; 2) с витамином С; 3) с E102 + витамин С. Контрольная среда не имела красителя и витамина С. В каждый флакон на среду помещали по 2 пары родительских особей. Растворы красителя, витамина и их смеси вводились регулярно в среду для питания дрозофил на протяжении пяти поколений. Повторность опытов — пятикратная. Критерии оценки: 1) плодовитость потомства в поколениях (далее — I)  $I_1$ – $I_5$ , которая выражалась в процентах по отношению к контролю; 2) соотношение полов в поколениях  $I_1$ – $I_5$ .

Статистическая обработка осуществлялась по методике Б.Ф. Рокицкого с использованием программы Microsoft Excel. Достоверность различий между данными оценивалась по t-критерию Стьюдента и методу  $\chi^2$ .

Плодовитость потомства является одной из основных характеристик состояния популяций живых организмов, маркером в биотестировании. В данном исследовании для оценки корректирующей роли витамина С в композиции с красителем в эксперименте была проанализирована реакция мух на введение по отдельности как витамина С, так и тартразина. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Влияние введения в питательную среду растворов витамина С, тартразина и их смеси на плодовитость потомства и соотношение полов дрозофилы линии *Berlin* в поколениях I<sub>1</sub>–I<sub>5</sub>

Критерии	Поколения				
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>
<i>Контроль</i>					
Плодовитость, $\bar{x} \pm s_x$ , шт.	84,00 ± 2,02	65,00 ± 2,14	62,33 ± 2,62	75,00 ± 3,18	66,33 ± 2,54
Соотношение полов, $\chi^2$	0	1,84	0,04	0,004	0,24
<i>E102</i>					
Плодовитость: отклонение от контроля, %	-32,7	-44,4	-42,2	-38,3	-44,1
Соотношение полов, $\chi^2$	2,86	1,46	2,16	1,86	0
<i>Витамин С</i>					
Плодовитость: отклонение от контроля, %	-11,5	-10,3	-10,2	-6,7	-8,1
Соотношение полов, $\chi^2$	1,98	2,06	0	3,2	0,006
<i>E102 + витамин С</i>					
Плодовитость: отклонение от контроля, %	-16,3	-40,0	-24,6	-36,0	-22,1
Соотношение полов, $\chi^2$	1,06	7,18*	0,58	6,25*	5,42*
* достоверно при уровне значимости $p < 0,01$ .					

Как следует из полученных данных, при регулярном введении в пищевую субстрат *Drosophila melanogaster* L. синтетического пищевого красителя в концентрации 1,0% происходило значительное снижение плодовитости мух: на 32,7% — в первом поколении, а в дальнейшем — на 38,3–44,4%. Данный факт указывает на негативное воздействие тартразина на лабораторные популяции насекомых. Анализ результатов также показал, что несмотря на антиоксидантную активность витамина С его введение в фармакологической дозе в питательную среду также отрицательно повлияло на численность потомства дрозофилы, однако при этом отклонение от контроля было гораздо меньше, чем в опытах с красителем, и составляло примерно одинаковые (без достоверных отличий) значения (6,7–11,5%).

В третьем варианте опыта, где в среду вводили смесь из тартразина и витамина С, реакция насекомых была неоднозначной: численность особей на протяжении пяти поколений варьировалась, при этом наблюдался корректирующий эффект от присутствия витамина С с периодичностью «через поколение». Так, в поколениях I<sub>1</sub>, I<sub>3</sub> и I<sub>5</sub> негативное влияние красителя снижалось на 16,4, 24,6 и 20,0% соответственно по отношению к опыту с E102. В поколениях I<sub>2</sub> и I<sub>4</sub> корректирующий эффект от витамина С не проявлялся, и снижение ингибирующей активности тартразина на численность поколений имело лишь характер тенденции, так как плодовитость в опытах с E102 и смесью компонентов не имела достоверных отличий (2,3–4,0%).

Еще одной из основных характеристик состояния как природных, так и лабораторных популяций животных является соотношение полов, поскольку в ряде случаев соотношение полов определяется не генетическими, а физиологическими факторами и условиями среды, действующими во время и после оплодотворения (вторичное соотношение полов). Также изменение экологических условий по-разному влияет на смертность самцов и самок, в том числе и эмбриональную (Паевский В.А., 2020). Существенное значение показатель «соотношение полов» имеет для тех форм, у которых четко выражена полная бисексуальность — преимущественно для членистоногих и позвоночных животных.

В нашем эксперименте, как показал анализ результатов, представленных в таблице 1, регулярное присутствие в питательной среде дрозофилы как тартразина, так и витамина С не приводило к отклонению от теоретически ожидаемого соотношения самок и самцов среди особей пяти поколений: об этом свидетельствовали значения  $\chi^2$  (0–3,2). Однако при введении в пищевую субстрат смеси витамина С и тартразина наблюдались изменения в соотношении полов: во втором, четвертом и пятом поколениях резко возросла доля самок ( $\chi^2$  составил соответственно 7,18; 6,25; 5,42).

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что введение синтетического пищевого красителя тартразина E102 в питательную среду модельного объекта *Drosophila melanogaster* L. в технологической концентрации (1,0%) негативно влияло на плодовитость особей

на протяжении пяти поколений. Эффективность использования дополнительного введения витамина С в фармакологической концентрации 0,07 % как корректора тартразина на протяжении  $I_1-I_5$  была неоднозначной: численность мух увеличивалась через поколение на 16,3–24,2 % в сравнении с потомствами, выросшими на субстрате с E102, что частично снижало негативное воздействие красителя. В остальных случаях корректирующий эффект не проявлялся. При этом раствор витамина С в данной концентрации при самостоятельном введении подавлял численность на 6,7–11,5 %. В отношении показателя «соотношение полов» совместное введение тартразина и витамина С в питательную среду приводило к увеличению доли самок во втором, четвертом и пятом поколениях, что указывает на негативное влияние данной смеси, так как в опытах с E102 и витамином С распределение по полу соответствовало теоретическому (1 : 1).

## Литература

1. Титова, Н.Д. Модуляция фагоцитоза под влиянием пищевых красителей / Н.Д. Титова // Российский иммунологический журнал. — 2011. — Т. 5 (14), № 2. — С. 156–162.
2. Изменение химического состава плечевой кости крыс под влиянием желтого красителя тартразина / Г.В. Лукьянцева [и др.] // Свет медицины и биологии. — 2019. — № 4 (70). — С. 203–208.
3. Петручик, Е.С. Изменения плодовитости потомства *Drosophila melanogaster* L. при введении в питательную среду пищевого красителя тартразина (E102) / Е.С. Петручик // Культурная и дикорастущая флора Белорусского Полесья: сб. материалов Респ. студен. науч.-практ. конф., Брест, 18 нояб. 2020 г. / Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина; редкол.: Н.В. Шкуратова, Н.М. Матусевич, М.В. Левковская. — Брест: БрГУ, 2020. — С. 68–70.
4. Головачева, В.А. Влияние пищевых красителей на развитие болезней почек у детей / В.А. Головачева // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2012. — Т. 2, № 1. — С. 7–14.

Поступила 06.09.2022

## ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В АРМЕНИИ

Оганесян А.С., [astghik.hovhannisyan@cens.am](mailto:astghik.hovhannisyan@cens.am),  
Бегларян М.Р., к.т.н., [meline.beglaryan@cens.am](mailto:meline.beglaryan@cens.am),  
Степанян С.А., [seda.stepanyan@cens.am](mailto:seda.stepanyan@cens.am)

Центр эколого-ноосферных исследований Национальной академии наук Республики Армения, г. Ереван, Армения

Молоко и молочные продукты, известные сбалансированными количествами почти всех необходимых организму питательных веществ, среди которых протеины, витамины, жирные кислоты и минералы [1], занимают важное место в рационе человека. На состав молока могут существенно влиять некоторые факторы, начиная с условий окружающей среды до производственных процессов животноводческих предприятий. В частности, загрязнение молока различными потенциально токсичными микроэлементами (далее — ПТМЭ) может иметь место во всех производственно-сбытовых цепочках молочной продукции, включая внешнюю среду (молочные животные, животноводческие фермы), корм и питьевую воду, а также контактирующие с молоком материалы: доильные приспособления, контейнеры для хранения и перевозки молока и т.д. [2]. Молоко и молочные продукты являются одним из основных продуктов питания также и в Армении. В этой связи особенно актуален вопрос о безопасности реализуемого и потребляемого в стране молока и молочных продуктов, который регулируется согласно Техническим регламентам Таможенного союза 021/2011 и 033/2013. В настоящее время в данных продуктах контролируются уровни четырех токсичных элементов — тяжелых металлов свинца (далее — Pb), мышьяка (далее — As), кадмия (далее — Cd), ртути (далее — Hg).

В этом контексте следует отметить, что на сегодняшний день в Армении нет данных о возможных рисках воздействия ПТМЭ при потреблении самых популярных молочных продуктов — сыра, сметаны и мацуна (традиционный армянский кисломолочный йогурт) — среди населения страны. В то же время, согласно некоторым авторам [2], молочные продукты могут вносить существенный вклад в суточную дозу ПТМЭ и связанные с ней риски здоровью потребителя.

Данное пилотное исследование выполнено в рамках финансируемого Комитетом по Науке Республики Армения проекта № 20ТТ66–4А001 «Укрепление научно-методологического потенциала оценки продовольственной безопасности и нутриентов» с целью изучения пяти ПТМЭ: Pb, Cd, Hg, молибдена (далее — Mo) и меди (далее — Cu) в молоке и молочных продуктах, производимых и потребляемых в Армении, и оценки связанных с ними воздействий и возможных рисков здоровью взрослого населения страны.

Коровье молоко и продукты на его основе составляют наибольшую долю на молочном рынке Армении [3]. По этой причине для данного исследования были выбраны 4 вида самых популярных молочных продуктов, производимых на основе коровьего молока: пастеризованное молоко, сметана, мацун и сыр. Отбор проб проводился в соответствии со стандартными операционными процедурами, разработанными сотрудниками Центра эколого-ноосферных исследований Национальной академии наук Республики Армения на основе методики исследования суточного потребления, предоставленной Продовольственной и Сельскохозяйственной Организацией, Европейским агентством по безопасности пищевых продуктов и Всемирной организацией здравоохранения. Для обеспечения репрезентативности отбирались пробы продуктов как от ведущих национальных, так и зарубежных изготовителей молочной продукции, поставляемой на рынок. С каждого продукта было взято не менее 8 подпроб. До начала проведения исследований из одинаковых видов продуктов были составлены композитные пробы, по одной на каждый вид.

Предварительная обработка проб проводилась по стандартам ГОСТ 26929–94, ГОСТ 26927–86 аналитическими методами атомно-абсорбционной спектроскопии (ГОСТ 26927–86, ГОСТ 26929–94). Концентрации Pb, Cd, Hg, Mo и Cu определялись с использованием атомно-абсорбционного спектрометра в графитной печи (AAnalyst 800, PE, USA). Для калибровки нами использовались рабочие стандарты PerkinElmer. Все измерения проводились в параллелях, а средние величины были использованы для проведения дальнейших расчетов. Для обеспечения точности результатов проведен повторный анализ проб с использованием стандартного эталонного материала (далее — СЭМ) Национального института стандартов и технологий США. На основе сертифицированных величин СЭМ и данных, полученных в результате анализов, точность составила 2 %, 1,95 %, 1,76 %, 1,87 % и 1,47 % соответственно для Pb, Cd, Hg, Mo и Cu [3].

Данные о потреблении молока и молочных продуктов взрослым населением Армении были собраны в 2021 г. в ходе опросов методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания. В опросах приняли участие 1400 респондентов в возрасте от 18 до 80 лет с указанием пола, образования, уровня дохода. Сбор данных проводился с помощью опросника открытого типа. Интервьюеры предлагали респондентам воспроизвести все пищевые продукты, потребленные ими за последние сутки. Ввод и анализ полученных данных выполнены с использованием программного обеспечения IBM SPSS.

Расчет дневной дозы (далее — DI) для каждого ПТМЭ производился по формуле (1):

$$DI = \frac{C \times IR}{BW}, \quad (1)$$

где C — это содержание микроэлементов в пробе, мг/кг;

IR — среднесуточное потребление молочных продуктов взрослым населением Армении, кг/день;

BW — средняя масса тела взрослого человека.

Для расчета риска здоровью использован предел воздействия (далее — ПВ) [4] для каждого исследованного ПТМЭ по формуле (2):

$$ПВ = \frac{HBGV}{DI}, \quad (2)$$

где ПВ — предел воздействия;

HBGV — допустимая для здоровья суточная доза (далее — ДОДЗ), мг/кг массы тела в день;

DI — суточная доза, мг/кг массы тела в день ПТМЭ через потребление молочных продуктов.

Это значение выражает долю ДОДЗ потенциально токсичных микроэлементов при потреблении соответствующей группы пищевых продуктов. Для микроэлементов, играющих роль питательных элементов (Mo, Cu), наряду с ДОДЗ были рассмотрены рекомендованные для них суточные дозы.

Для определения дисперсии и нормальности данных опроса использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Статистическая обработка данных проводилась посредством программного обеспечения SPSS (IBM SPSS, v.22), а конечные расчеты — на основе Microsoft Excel 2016.

Данные о концентрациях ПТМЭ в исследуемых пробах молочных продуктов взяты из нашего предыдущего исследования [3], а расчеты средней суточной дозы исследуемых ПТМЭ при потреблении молока и молочных продуктов населением Армении приведены в таблице 1.

Согласно данным опроса методом 24-часового (суточного) воспроизведения питания 74,7% (n = 1046) из 1400 респондентов потребляли все четыре вида исследованной нами молочной продукции. В процентном соотношении доля потребителей мужского и женского пола соответственно составила 48,4 и 51,5%. Значительных различий между нормами потребления молочных продуктов мужчинами и женщинами нет. В рамках данного опроса средняя масса тела населения Армении составила 72 кг. Основываясь на полученных данных и используя кластеризацию методом k-средних, мы определили по три кластера потребления мацуна и сыра и два кластера потребления сметаны (таблица 2), исключив пастеризованное молоко из-за слишком низкой для кластеринга нормы потребления.

Суточные дозы всех пяти ПТМЭ: Pb, Cd, Hg, Mo и Cu, поступающих в организм с молочными продуктами, не превышали международные ДОДЗ. Для этих ПТМЭ проведены измерения ПВ как показателя опасного уровня. Следует отметить, что ПВ не дает количественной оценки риска, но показывает, насколько близок данный сценарий воздействия к опасному сценарию [5]. Значения ПВ выбранных для данного исследования ПТМЭ приведены в таблице 3.

Таблица 1 — Средняя дневная доза исследуемых ПТМЭ при потреблении молока и молочных продуктов населением Армении, мг/кг массы тела в день

Молочный продукт	Средняя дневная доза ПТМЭ				
	Pb	Cd	Hg	Mo	Cu
Молоко					
Кластер № 1	4,13E-07	1,14E-06	—*	1,44E-05	1,18E-04
Мацун					
Кластер № 1	2,43E-07	8,84E-07	—*	5,81E-06	1,04E-04
Кластер № 2	1,06E-06	3,86E-06	—*	2,54E-05	4,55E-04
Кластер № 3	2,62E-06	9,55E-06	—*	6,27E-05	1,12E-03
Сметана					
Кластер № 1	7,08E-07	8,44E-07	5,73E-07	2,00E-05	1,15E-04
Кластер № 2	4,18E-06	4,98E-06	3,38E-06	1,18E-04	6,76E-04
Сыр					
Кластер № 1	1,31E-05	7,37E-06	—*	2,48E-05	1,70E-04
Кластер № 2	3,61E-05	2,03E-05	—*	6,81E-05	4,67E-04
Кластер № 3	1,07E-04	6,00E-05	—*	2,02E-04	1,38E-03
* данные отсутствуют.					

Таблица 2 — Определение средней суточной нормы потребления молочных продуктов взрослым населением Армении путем кластеризации, кг/день

Наименование молочного продукта	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3
Мацун	0,021	0,090	0,223
Сметана	0,026	0,151	—*
Сыр	0,036	0,099	0,227
* данные отсутствуют.			

С учетом того, что молочные продукты являются всего лишь одной группой пищевых продуктов, способствующих общему воздействию ПТМЭ, значение ПВ < 100 принято нами как пороговое для всех исследованных ПТМЭ. Расчеты производились на ежедневной основе. Для кадмия и свинца ДОДЗ были переведены из недельных доз в дневные, а для молибдена и меди верхние уровни рассматривались как ДОДЗ. Очевидно, что значения ПВ < 100 для кадмия были установлены при исследовании проб сметаны (только кластер 2), мацуна (кластер 2 и кластер 3) и сыра (все расчеты ПТМЭ кластера, а кластер 3 показал ПВ < 10). Для свинца значения ПВ < 100 получены при исследовании проб сыра (все расчеты); в отношении кадмия кластер 3 показал ПВ < 10. В кластере 3 (мацун или сыр) ПВ < 100 установлен для меди. Рассчитанные нами значения Mo в кластере 2 (сметана)

и кластере 3 (сыр) также ниже пороговой величины 100 (таблица 3). Эти данные свидетельствуют о необходимости исследования источников загрязнения молочной цепи в отношении некоторых ПТМЭ, и особенно кадмия и свинца в сыре.

Основные результаты данного исследования указывают на отсутствие заметных проблем со здоровьем, вызванных суточным потреблением всех исследованных ПТМЭ в сравнении с соответствующими ДОДЗ. Однако следует принять во внимание, что молочные продукты не являются единственным источником ПТМЭ, но вносят свой вклад в общее суммарное воздействие. Это заключение требует особого внимания с точки зрения управления риском, особенно для реализации соответствующих мер по снижению риска здоровью человека. Полученные нами данные указывают на необходимость внимания к общему, вызванному рационом воздействию свинца и кадмия в Армении и других кавказских странах со схожей окружающей средой и пищевой культурой.

Таблица 3 — Значения предела воздействия исследованных ПТМЭ в молоке и молочных продуктах

Молочные продукты	Предел воздействия ПТМЭ				
	Pb	Cd	Hg	Mo	Cu
Молоко					
Кластер № 1	1524	315	—**	696	592
Мацун					
Кластер № 1	2596	404	—**	1722	673
Кластер № 2	594	92,4*	—**	394	154
Кластер № 3	240	37,4*	—**	159	62,3*
Сметана					
Кластер № 1	889	423	998	501	611
Кластер № 2	151	72*	169	85	104
Сыр					
Кластер № 1	47,9*	48,4*	—**	404	412
Кластер № 2	17,4*	17,6*	—**	147	150
Кластер № 3	5,89*	5,95*	—**	49,6*	50,7*
* значения ПВ ниже пороговых; ** данные отсутствуют.					

Таким образом, полученные нами результаты могут стать основой для проведения дальнейших исследований с учетом системы Единого Здравоохранения, связанного с окружающей средой, здоровьем людей и животных. Приоритетными для дальнейших детальных исследований источников загрязнения, оценки риска здоровью потребителей молочных продуктов должны быть свинец и кадмий. Представленные в данной работе результаты соответствуют результатам наших предыдущих исследований, указывающих на потенциальную опасность алиментарного воздействия ПТМЭ в Армении. Необходимо проведение исследований ПТМЭ в молочных продуктах на всей территории Кавказа.

## Литература

1. Milk human nutrition dairy products / ed.: E. B. Muehlhoff, A. Bennett, D. McMahon; FAO. — Rome, 2013. — 404 p.
2. Heavy metals in milk: global prevalence and health risk assessment / A. Ismail [et al.] // Toxin Rev. — 2019. — Vol. 38, № 1. — P. 1–12.
3. Risk assessment of potentially toxic trace elements via consumption of dairy products sold in the city of Yerevan, Armenia / D. Pipoyan // Food and Chemical Toxicology. — 2022. — Vol. 163. — P. 112–922.
4. Application of the Margin of Exposure (MOE) approach to substances in food that are genotoxic and carcinogenic / D. Benford [et al.] // Food Chem. Toxicol. — 2010. — Vol. 48, Suppl. 1. — P. S2–S24.
5. Statement on the applicability of the Margin of Exposure approach for the safety assessment of impurities which are both genotoxic and carcinogenic in substances added to food/feed / B. Antunović [et al.] // EFSA J. — 2012. — Vol. 10, № 3. — P. 2578.

Поступила 14.09.2022

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Осипова Т. С., *osits80@gmail.com*,  
Бондарук А. М., к. м. н., *bam-1962@tut.by*,  
Цыганков В. Г., к. м. н., доцент, *vgz@tut.by*,  
Чеботкова Д. В., *chromatographic@rspch.by*,  
Велентей Ю. Н., *spectrometric@rspch.by*,  
Журихина Л. Н., к. б. н., *lzurichina25@gmail.com*,  
Свинтилова Т. Н., *svintat@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Материалы, контактирующие с пищевой продукцией, в том числе используемые в оборудовании для пищевой промышленности, в производстве упаковки и посуды (далее — МКП), являются одним из потенциальных источников поступления химических веществ в организм человека [1]. В связи с этим применение данных материалов строго регламентировано во многих странах мира. Основное требование гигиенической безопасности к ним — отсутствие миграции химических веществ в пищевую продукцию в объемах, превышающих предельно допустимые количества [2].

Термин «миграция» относится к диффузии веществ из зоны более высокой концентрации (контактный слой на границе МКП) в зону более низкой концентрации (пищевая продукция). Этот процесс зависит от следующих параметров: природы МКП и контактирующей среды, площади, времени и температуры контакта. Высокая температура и продолжительная экспозиция увеличивают количество мигрирующих веществ [3].

Согласно Директиве ЕС 1935/2004 [4], в Европейском союзе (далее — ЕС) исследования миграции предпочтительно проводятся в пищевом продукте, и только если указанное аналитически невозможно, применяются модельные среды — имитаторы пищевой продукции. Количество мигрировавших веществ определяют после экспозиции, воспроизводящей температурно-временные условия взаимодействия «пищевой продукт — МКП» [2, 5].

В Республике Беларусь изучение миграции химических элементов и соединений непосредственно в пищевой продукции не предусмотрено действующим законодательством, поэтому изучается их миграция в модельные среды. В качестве модельных сред используются: дистиллированная вода, слабые растворы кислот и поваренной соли (всего 10 сред) и нерафинированное подсолнечное масло, которое в республике используется только для определения изменения кислотного числа, в то время как в ЕС оно является «полноценным» имитатором жирной пищевой продукции, в котором после экспозиции определяют содержание веществ-мигрантов.

Также имеется ряд иных отличий в национальных и европейских подходах к моделированию условий контакта МКП с пищевой продукцией, в частности, относительно продолжительности, температуры и площади взаимодействия. В ЕС температурно-временная экспозиция (за исключением длительности контакта более 3 суток) основана на создании наихудших предсказуемых условий контакта, которые могут быть применены в отношении исследуемого материала, а в Республике Беларусь используется принцип аггравации (преувеличения).

Основные отличия подходов в моделировании условий контакта «МКП — пищевой продукт» в ЕС и Республике Беларусь отражены в таблице 1.

В рамках научно-исследовательской работы, реализуемой на республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены», было проведено экспериментальное сравнение методических подходов для оценки гигиенической безопасности МКП, принятых в Республике Беларусь и ЕС.

Цель исследования заключалась в проведении сравнительной оценки уровней миграции отдельных химических веществ из образцов МКП на основе бумаги, в том числе комбинированных, с использованием национальных и европейских подходов в моделировании.

Объекты исследования: образец № 1 — форма для выпечки бумажная из трехслойного картона чистой беленой целлюлозы, ламинированная полиэфирной пленкой из полиэтилентерефталата с использованием однокомпонентного полиуретанового клея низкой миграции; образец № 2 — форма для выпечки бумажная из трехслойного картона чистой беленой целлюлозы, ламинированная экструдированным белым полиэтилентерефталатом; № 3 — бумага жиронепроницаемая коричневая из силиконизированной неотбеленной бумаги; № 4 — бумага жиронепроницаемая белая из силиконизированной отбеленной бумаги.

Таблица 1 — Подходы в моделировании, применяемые в Республике Беларусь и Европейском союзе

Элемент моделирования	Республика Беларусь	Европейский союз
Соотношение площади контакта материала к объему модельной среды	2 см <sup>2</sup> : 1 см <sup>3</sup>	3 см <sup>2</sup> : 5 см <sup>3</sup>
Модельные среды	дистиллированная вода 5%-ный раствор поваренной соли 0,3%-ный раствор молочной кислоты 3,0%-ный раствор молочной кислоты 2%-ный раствор лимонной кислоты 1%-ный раствор уксусной кислоты 2%-ный раствор уксусной кислоты, содержащий 2 % поваренной соли 20%-ный раствор этилового спирта 40%-ный раствор этилового спирта 96%-ный раствор этилового спирта нерафинированное подсолнечное масло	10%-ный раствор этилового спирта 3%-ная уксусная кислота 20%-ный раствор этилового спирта 50%-ный раствор этилового спирта масло растительное
Модельная среда — растительное масло	только для определения изменения кислотного числа	определение количества веществ-мигрантов
Возможность применения одной модельной среды	нет	да

Предметом исследования являлось содержание формальдегида, ацетальдегида, этилацетата, бутилацетата, спиртов (метилового, пропилового, изопропилового, бутилового, изобутилового), диметилтерефталата, свинца и цинка в модельных вытяжках из вышеперечисленных материалов.

Согласно области применения и способу эксплуатации были применены следующие условия моделирования контакта образцов с пищевой продукцией:

— с применением моделирования, принятого в ЕС — модельные среды: 10%-ный раствор этилового спирта и 3%-ный раствор уксусной кислоты, соотношение площади образца к объему модельной среды для форм для выпечки — полное заполнение, для бумаги жиронепроницаемой — 3 см<sup>2</sup>: 5 см<sup>3</sup>. Образцы выдерживали 3 суток при комнатной температуре, бумагу жиронепроницаемую — 2 часа при температуре 70 °С;

— с применением моделирования, принятого в Республике Беларусь — модельные среды: дистиллированная вода и 1%-ный раствор уксусной кислоты, соотношение площади образца к объему модельной среды для форм для выпечки — полное заполнение, для бумаги жиронепроницаемой — 2 см<sup>2</sup>: 1 см<sup>3</sup>. Образцы заливали модельными средами температурой 80 °С и далее выдерживали 3 суток при комнатной температуре.

Методы исследования: санитарно-химические. Определение содержания ацетальдегида, спиртов, этилацетата, бутилацетата осуществляли газохроматографическим методом по ГОСТ 33446–2015 «Упаковка. Определение концентрации формальдегида в воде и модельных средах», а ацетальдегида — газохроматографическим методом по ГОСТ 34174–2017 «Упаковка. Газохроматографическое определение содержания гексана, гептана, ацетальдегида, ацетона, метилацетата, этилацетата, метанола, изопропанола, акрилонитрила, н-пропанола, бутилацетата, изобутанола, н-бутанола, бензола, толуола, этилбензола, м-, о- и п-ксилолов, изопропилбензола, стирола, альфа-метилстирола в водных вытяжках»; формальдегида — газохроматографическим методом. ГОСТ 33446–2015 «Упаковка. Определение концентрации формальдегида в воде и модельных средах»; диметилтерефталата — газохроматографическим методом МУК 4.1.3169–14 «Газохроматографическое определение диметилфталата, диметилтерефталата, диэтилфталата, дибутилфталата, бутилбензилфталата, бис(2-этилгексил)фталата и диоктилфталата в воде и водных вытяжках из материалов различного состава»; свинца и цинка — по ГОСТ 31870–2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии».

Результаты исследований образцов №№ 1–4 представлены в таблицах 2 и 3.

В результате санитарно-химических исследований вытяжек из образцов № 1 и № 2 установлена миграция этилацетата в 10%-ный раствор этилового спирта, применяемого при европейском моделировании, а в вытяжках, полученных в результате национальных подходов, этилацетат не обнаруживался. Указанное может быть обусловлено более выраженной экстракционной способностью модельной среды на основе спирта по отношению к этилацетату, однако не исключает и его образование в самой среде в процессе экспозиции.

Таблица 2 — Миграция химических веществ из образцов № 1 и № 2 в модельные среды (мг/дм<sup>3</sup>)

Вещество	Моделирование, принятое в Республике Беларусь				Моделирование, принятое в ЕС	
	дистиллированная вода		1%-ная уксусная кислота		10%-ный этиловый спирт	
	образец № 1	образец № 2	образец № 1	образец № 2	образец № 1	образец № 2
Диметилтерефталат	н. о.	0,085	н. о.	0,148	н. о.	н. о.
Этилацетат	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	0,09	0,07
Бутилацетат	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Метанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	0,11
Бутанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Изобутанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Пропанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Изопропанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Ацетальдегид	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Формальдегид	н. о.	0,039	0,09	0,03	н. о.	н. о.
Свинец	н. о.	н. о.	0,017	н. о.	н. о.	н. о.
Цинк	н. о.	0,014	0,037	н. о.	н. о.	н. о.

Примечание — н. о. — не обнаружено: меньше нижней границы диапазона измерений в соответствии с методикой (–ами) нижняя составляет: цинк — 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, свинец — 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, ацетальдегид, пропанол, изопропанол, бутанол, изобутанол, этилацетат, бутилацетат — 0,050 мг/дм<sup>3</sup>, метанол — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, формальдегид — 0,020 мг/дм<sup>3</sup>, диметилфталат — 0,04 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 3 — Миграция химических веществ из образцов № 3 и № 4 в модельные среды (мг/дм<sup>3</sup>)

Вещество	Моделирование, принятое в Республике Беларусь				Моделирование, принятое в ЕС			
	дистиллированная вода		1%-ная уксусная кислота		10%-ный этиловый спирт		3%-ная уксусная кислота	
	образец № 3	образец № 4	образец № 3	образец № 4	образец № 3	образец № 4	образец № 3	образец № 4
Этилацетат	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Метанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Бутанол	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Ацетальдегид	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Формальдегид	0,047	н. о.	н. о.	0,066	н. о.	н. о.	0,024	0,023
Свинец	н. о.	н. о.	0,023	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.
Цинк	0,035	0,009	0,033	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.	н. о.

Примечание — н. о. — не обнаружено: меньше нижней границы диапазона измерений в соответствии с методикой (–ами) нижняя составляет: цинк — 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, свинец — 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, ацетальдегид, бутанол, этилацетат — 0,050 мг/дм<sup>3</sup>, метанол — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, формальдегид — 0,020 мг/дм<sup>3</sup>.

Миграция диметилтерефталата из образца № 2 обнаруживалась только при национальных подходах в моделировании, причем в 1%-ный раствор уксусной кислоты количество миграции было выше, чем в дистиллированную воду, где значение было близко к пороговому. Наличие токсичных элементов в модельных вытяжках также регистрировалось только при национальных подходах в моделировании. Указанное может быть обусловлено различным соотношением площади исследуемого образца к объему модельной среды при моделировании условий контакта, в результате чего при европейском подходе в моделировании одинаковые объемы пищевых имитаторов контактируют с более чем в 1,5 раза меньшей площадью образца, чем при национальном подходе. В результате количества миграции изучаемых веществ могут оказаться ниже порога чувствительности применяемого метода измерений.

Наличие формальдегида в вытяжках из образцов № 1 и № 2 также отмечалось только в модельных средах, регламентированных в Республике Беларусь. А из образцов № 3 и № 4 — как при национальных, так и при европейских подходах в моделировании, однако в дистиллированной воде

и 1%-ной уксусной кислоте количества обнаруженного вещества были выше, чем в 3%-ной уксусной кислоте. Указанное также может быть обусловлено специфическими подходами при расчете соотношения «площадь : объем» при моделировании условий контакта.

Наличие метанола в количестве, близком к пороговому, в вытяжке из образца № 2 на основе этилового спирта может быть обусловлено его присутствием в самой модельной среде.

Таким образом, полученные в результате исследования различия в уровнях миграции вышеуказанных химических элементов и соединений с использованием национального и европейского подходов к моделированию пищевых сред свидетельствуют о неоднозначности оценок миграции, традиционно применяемых в данных странах. Следует отметить, что подходы в моделировании условий контакта пищевой продукции с МКП, регламентированные в Республике Беларусь, по нашему мнению, позволяют наиболее полно оценить миграцию ряда химических веществ за счет разнообразия модельных сред и аггравации условий их контакта. Таким образом, для более полной оценки различных подходов в моделировании требуется проведение дальнейших исследований по сравнению уровней миграции химических веществ как в модельные среды, так и в соответствующую пищевую продукцию.

## Литература

1. Бубен, Е. О. Катализаторы в процессах получения биоразлагаемых полимеров / Е. О. Бубен // Лучшая научная статья 2018: сб. ст. XXII Международного научно-исследовательского конкурса / отв. ред. Г. Ю. Гуляев. — Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. — С. 13–16.

2. Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к миграции химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» и гигиенического норматива «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» [Электронный ресурс]: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 30 дек. 2014 г. № 119. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21529490p&p1=1>. — Дата доступа: 18.07.2022.

3. Федотова, О. Б. Роль миграции в процессах взаимодействия упаковки с продуктом / О. Б. Федотова // Переработка молока. — 2016. — № 12. — С. 14–17.

4. Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on plastic materials and articles intended to come into contact with food [Electronic resource]. — Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0010-20200923&qid=1607416192315>. — Date of access: 15.08.2022.

5. Regulation (EC) No 1935/2004 of the European Parliament and of the Council of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC [Electronic resource]. — Mode of access: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32004R1935&qid=1617711352088>. — Date of access: 18.07.2022.

Поступила 06.09.2022

## АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И ПИЩЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ АРМЕНИИ

Пипоян Д., доктор пищевых наук (Италия), [david.pipoyan@cens.am](mailto:david.pipoyan@cens.am),

Бегларян М., к. т. н., [meline.beglaryan@cens.am](mailto:meline.beglaryan@cens.am),

Степанян С., [seda.stepanyan@cens.am](mailto:seda.stepanyan@cens.am)

Центр эколого-ноосферных исследований Национальной академии наук Республики Армения, г. Ереван, Армения

Дефицит железа является одним из наиболее распространенных нарушений питания в мире и, по оценкам Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ), ответственен за 50% анемий во всем мире. Анемия является значительной глобальной проблемой здравоохранения, которая затрагивает как развивающиеся, так и развитые страны [1]. Железодефицитная анемия имеет серьезные последствия для здоровья человека, такие как плохая физическая работоспособность, нарушение синтеза рибонуклеиновой кислоты и метаболизма нейромедиаторов. Анемия — давняя проблема общественного здравоохранения и в Армении. Согласно данным глобальной обсерватории здравоохранения ВОЗ, 17,3% женщин репродуктивного возраста (15–49 лет) страдают анемией [2].

Последние данные, проанализированные Мировой продовольственной программой, свидетельствуют о том, что семьи, не имеющие продовольственной безопасности, имеют более низкий уровень рациона питания с точки зрения как количества, так и качества, и имеют более низкое потребление богатых железом (далее — Fe) продуктов питания, особенно мяса и рыбы. В географическом отношении на северо-западе Армении отмечается самый высокий уровень отсутствия продовольственной безопасности и наиболее высокий уровень недоедания среди детей в возрасте до 5 лет [3]. Правительство Армении в ноябре 2014 г. утвердило законопроект «Об обогащении пшеничной муки». Один из основных аргументов сторонников фортификации муки Fe и фолиевой кислотой — распространенность в стране анемии. Отмечалось, что дефицит Fe приводит к анемии, в основном среди женщин и детей, которая также чревата последствиями. Согласно ВОЗ, при показателях анемии выше 10 % массовое обогащение муки считается наиболее эффективной стратегией. Программа была воспринята обществом негативно, и в результате дебатов Национальное собрание отозвало законопроект из обращения. Одним из убедительных контраргументов, выдвинутых научным сообществом, была нехватка исследований по этому вопросу для определения дозировки при фортификации. Эти пробелы должны быть заполнены только после проведения полноценного анализа рациона питания населения. Учитывая последствия железодефицитной анемии, а также неопределенность программы обогащения Fe, необходимо оценить его количество в рационе армянского населения. Это первый опыт исследования по определению потребления Fe с помощью 24-часового воспроизведения рациона питания в Армении. Таким образом, цель этого исследования — проанализировать потребление Fe с продуктами животного и растительного происхождения, оценить потребление гемового и негемового железа, а также охарактеризовать источники железа для взрослого населения по всей Армении.

В пищевых продуктах, потребляемых населением Армении в количестве более 1 г в сутки, было оценено содержание Fe. Общий список пищевых продуктов для исследования состоял из наиболее широко употребляемых. В целом список состоял из 28 основных продовольственных товаров, сгруппированных в 7 категорий. Отбор проб был осуществлен согласно инструкции, разработанной сотрудниками Центра эколого-ноосферных исследований Национальной академии наук Республики Армения в соответствии с методологией общего исследования рациона питания. Особенность данного метода состоит в том, что все пробы должны анализироваться в том виде, в каком потребляются населением, т. е. подвергаться соответствующей кулинарной обработке [4]. Перед объединением все пробы были приготовлены в соответствии с потребительскими практиками.

Для экстракции образцов использовался метод мокрого озоления. Применялась смесь азотной ( $\text{HNO}_3$ ), серной ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) и хлорной ( $\text{HClO}_4$ ) кислот в соотношении 5 : 1 : 1. Содержание Fe в пробах было определено с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии графитовой печи (AAS, AAnalyst 800, PerkinElmer, USA). Калибровку проводили с использованием стандартных растворов, полученных из PerkinElmer. Точность метода была подтверждена с помощью повторных измерений стандартного эталонного материала (SRM 1573a) Национального института стандартов и технологий США.

Исследование рациона питания включало 24-часовое воспроизведение рациона питания, использованное для получения данных о потреблении пищи взрослым населением Армении (18–80 лет). Этот метод является наиболее эффективным для исследования рациона питания. Период сбора данных был с февраля по сентябрь 2021 г. Эта информация собиралась хорошо подготовленными интервьюерами в ходе очных опросов с использованием заранее разработанных форм. Всего было опрошено 1400 жителей Армении. В этот опрос были включены все регионы Армении: Армавир, Арарат, Арагацотн, Гегаркуник, Котайк, Лори, Ширак, Сюник, Тавуш, Вайоц Дзор и столичный город Ереван. Для получения репрезентативной национальной выборки взрослого населения Армении использовалась стратифицированная выборка. В частности, квоты случайной выборки были рассчитаны для регионов Армении, гендерных пропорций и возрастных групп. В случае Еревана для получения более точных и репрезентативных данных были выбраны участники опроса из 12 административных районов с равным доступом.

Суточное потребление Fe рассчитывалось по следующей формуле:

$$\text{EDI} = \text{IR} \times \text{C}, \quad (1)$$

где EDI — расчетное суточное потребление железа, мг/день;

IR — суточное употребление пищевого продукта, кг/день;

C — содержание железа, мг/кг и мг/л.

Количество потребляемого Fe рассчитывалось для конкретных групп пищевых продуктов, представленных в таблице 2. Общее суточное потребление было получено как сумма значений потребления Fe из всех групп продуктов. После этого рассчитывали потребление конкретных форм Fe, содержащихся в продуктах животного и растительного происхождения. Количество гемового и негемового Fe в рационе было рассчитано с учетом того, что гемовое железо составляет 40 % от об-

щего Fe продуктов животного происхождения, тогда как негемовое – 60% от общего Fe продуктов животного происхождения и 100% Fe, полученного из продуктов растительного происхождения. Содержание Fe в различных композитных образцах пищевых продуктов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание Fe в пищевых продуктах

Пищевой продукт	Fe содержание, мг/л и мг/кг	SD	Пищевой продукт	Fe содержание, мг/л и мг/кг	SD
Хлеб	18,28	0,35	Говядина	0,91	0,02
Лаваш	18,21	0,04	Свинина	0,51	0,08
Рис	2,77	0,01	Курятина	3,23	0,44
Гречка	30,55	0,27	Колбасные продукты	4,38	0,45
Полба (эммер)	6,30	0,58	Пельмени	3,84	0,33
Макаронны и вермишель	1,15	0,03	Рыба	19,40	0,67
Вафли и печенье	3,88	0,14	Яйца	1,51	0,02
Молоко пастеризованное	4,55	0,34	Фрукты	10,17	0,33
Мацун	3,31	0,18	Арбуз и дыня	19,30	0,67
Сметана	6,25	0,33	Овощи	10,23	0,58
Сыр	11,07	0,62	Помидор	12,5	0,33
Творог	0,61	0,03	Огурец	14,77	0,55
Масложировая продукция	1,08	0,03	Картофель	11,36	0,59
Хлеб	18,28	0,35	Черный кофе	1,24	0,03

Примечание – SD – стандартное отклонение.

Процент получения Fe из различных источников питания и в различных формах среди национальной выборки взрослых мужчин и женщин Армении представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение потребления гемового и негемового железа из различных источников среди респондентов мужского и женского пола

Источник железа, мг Потребление, %		Мужчины (n = 666)		Женщины (n = 734)		p*
		Потребление, %	Сред- нее ± SD, мг/день	Потребление, %	Сред- нее ± SD, мг/день	
Формы Fe	Общее количество Fe	100	17,81 ± 0,91	100	15,58 ± 0,77	< 0,05
	Гемовое железо	4,3	0,77 ± 0,05	4,0	0,69 ± 0,05	< 0,05
	Негемовое железо	95,7	17,04 ± 1,16	96,0	14,88 ± 0,98	< 0,05
	Fe за счет продуктов животного происхождения	10,8	1,93 ± 0,13	11,0	1,73 ± 0,12	< 0,05
	Fe за счет продуктов растительного происхождения	89,2	15,88 ± 1,08	89,0	13,84 ± 0,91	< 0,05
Категории пищевых продуктов						
Источники Fe	Хлеб и мучные продукты	33,5	5,97 ± 1,09	32,6	5,07 ± 0,90	< 0,05
	Молочные продукты	5,3	0,95 ± 0,09	5,6	0,88 ± 0,08	< 0,05
	Масложировая продукция	0,1	0,01 ± 0,00	0,1	0,01 ± 0,00	0,064
	Мясные продукты	3,8	0,68 ± 0,16	3,4	0,53 ± 0,13	< 0,05
	Рыба	1,6	0,29 ± 0,00	2,0	0,32 ± 0,00	0,233
	Яйца	0,0	0,01 ± 0,00	0,0	0,01 ± 0,00	< 0,05
	Фрукты	26,5	4,71 ± 1,85	26,1	4,06 ± 1,51	0,295
	Овощи	21,5	3,83 ± 0,41	21,8	3,40 ± 0,29	< 0,05
	Картофель	6,4	1,13 ± 0,00	7,2	1,11 ± 0,00	0,743
	Черный кофе	0,6	0,11 ± 0,00	0,6	0,10 ± 0,00	0,453
Вода	0,7	0,12 ± 0,00	0,6	0,09 ± 0,00	< 0,05	

\* сравнение с независимыми образцами U-теста Манна – Уитни из-за непараметрического распределения (проверено с помощью теста Шапиро – Уилка; p ≤ 0,05).

Примечание – SD – стандартное отклонение.

Как можно увидеть, для женщин по сравнению с мужчинами характерен более низкий уровень потребления общего Fe, включая гемовое и негемовое, Fe за счет продуктов животного и растительного происхождения ( $p < 0,05$ ).

Что касается различных источников, то женщины получают меньше Fe из хлебных, молочных и мясных продуктов, яиц, картофеля, фруктов, овощей, черного кофе и воды, чем мужчины. В целом существует высокий процент респондентов, для которых потребление Fe ниже рекомендуемого уровня (для мужчин старше 19 лет и женщин в возрасте 51 года и старше — 8 мг/день, для женщин в возрасте 19–50 лет — 18 мг/день) [5].

Анализ потребления Fe в этом исследовании показал, что для большей части населения оно является неадекватным. Другим важным выводом является относительно низкий вклад мясных продуктов и гемового железа в общее потребление Fe, а это указывает на то, что преобладающее в рационе железо имеет ограниченную биодоступность. Для борьбы с дефицитом Fe, по-видимому, сочетание коррелирующих с питанием и специфических для питания вмешательств может быть хорошей стратегией. Наиболее подходящими способами улучшения ситуации представляются массовое обогащение муки, диверсификация рациона питания (увеличение потребления мясопродуктов и рыбы), сокращение бедности и повышение питательной грамотности. Тем не менее вмешательства должны быть всеобъемлющими и вытекать из конкретных руководящих принципов, ориентированных на пищевую продукцию, а также учитывающих потенциальные недостатки и неблагоприятные побочные эффекты. На данный момент единственной стратегической инициативой в Армении является обогащение продуктов питания микроэлементами.

## Литература

1. Nutritional anaemias: tools for effective prevention and control [Electronic resource] / WHO. — Mode of access: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241513067?sequence=1&isAllowed=y>. — Date of access: 02.09.2022.
2. Global Health Observatory Data Repository. World Health Statistics [Electronic resource] / WHO. — Mode of access: <https://www.who.int/data/gho/data/indicators>. — Date of access: 02.09.2022.
3. Food Security and Vulnerability Assessment in Armenia Round 3, December 2021 [Electronic resource] / WFP. — Mode of access: <https://www.wfp.org/publications/food-security-and-vulnerability-assessment-armenia-round-3-december-2021>. — Date of access: 02.09.2022.
4. Risk Characterization of the Armenian Population to Nickel: Application of Deterministic and Probabilistic Approaches to a Total Diet Study in Yerevan City / D. Pipoyan [et al.] // Biological Trace Element Research. — 2022. — 31 July.
5. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc / Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. — Washington (DC): National Academies Press (US), 2001. — 798 p.

Поступила 13.09.2022

## ПИТАНИЕ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Руфкин А. В., [ocge@mail.grodno.by](mailto:ocge@mail.grodno.by),  
Фелькина Н. И.,  
Руфкина М. М.

Государственное учреждение «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Гродно, Республика Беларусь

Пищевое поведение является важным аспектом жизни, поскольку оно может повлиять на долгосрочные результаты для здоровья. Сбалансированная диета и потребление качественной пищи могут способствовать поддержанию физического благополучия и психической устойчивости людей, оптимальному росту и развитию организма, повышению резистентности к неблагоприятным факторам внешней среды.

Всемирная организация здравоохранения (далее — ВОЗ) признает, что одной из ведущих причин основных неинфекционных болезней является нерациональное питание. Питание современного

человека по большей части не соответствует принципам здорового питания из-за потребления пищевых продуктов с высоким содержанием жира животного происхождения и простых углеводов, недостатка в рационе овощей и фруктов, рыбы и морепродуктов [1].

На фоне сниженной физической активности, в основном вследствие сидячего положения при выполнении многих видов деятельности, изменений способов передвижения и возрастающей урбанизации, потребления большого количества продуктов с высокой энергетической ценностью и высоким содержанием жира, злоупотребления алкоголем, курения возрастает количество людей с избыточной массой тела, ожирением и прогрессированием неинфекционных болезней.

В целом к неинфекционным алиментарно-обусловленным или алиментарно-зависимым заболеваниям относят заболевания (группы болезней), возникновение которых связывают с неполноценным и несбалансированным питанием.

В Республике Беларусь, как и в других странах мира, неинфекционная заболеваемость стала основной причиной высокой смертности населения и экономических потерь в связи с возникающей нетрудоспособностью и затратами на медицинское обслуживание. Согласно данным ВОЗ, доля неинфекционных болезней в Республике Беларусь по показателю совокупного ущерба в основных группах болезней составляет 5,4% от внутреннего валового продукта.

В течение последних 5 лет в связи с изменившимися социально-экономическими условиями произошли изменения в структуре питания и первичной заболеваемости населения Гродненской области. Основными неинфекционными болезнями являются болезни системы кровообращения, новообразования, сахарный диабет и хронические болезни легких.

Анализ показателей первичной заболеваемости взрослого (18 лет и старше) населения Гродненской области по основным классам болезней (нозологическим), этиологически связанным с питанием, показал, что за последние 5 лет (2017–2021 гг.) показатели алиментарно-зависимых заболеваний сохраняются на достаточно высоком уровне, несмотря на активную информационно-профилактическую работу с населением по правильному, рациональному и здоровому питанию (таблица 1) [2].

Таблица 1 — Динамика показателей первичной заболеваемости населения Гродненской области по основным классам болезней (нозологическим), этиологически связанным с питанием (на 100 000 населения)

Наименование класса (нозологический)	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Взрослое население (18 лет и старше)					
Болезни органов пищеварения	1341,8	1321,2	1289,5	1101,3	1058,3
Болезни эндокринной системы, в т. ч.	649,1	713,3	787,6	679,7	766,8
Взрослое население (18 лет и старше)					
Сахарный диабет	326,4	352,3	411,0	351,0	400,4
из него инсулиннезависимый сахарный диабет	313,7	338,3	397,2	338,0	387,5
Железодефицитные анемии	105,8	130,3	156,3	121,0	131,5
Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	1174,4	1333,3	1351,0	1023,0	1021,0

Болезни системы кровообращения традиционно занимают ведущее место в структуре смертности и инвалидности населения, при этом лидирующими являются артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца и цереброваскулярные болезни.

В 2021 г. по Гродненской области уровень заболеваемости органов пищеварения, болезней, характеризующихся повышенным кровяным давлением, составил наименьший показатель, чему способствовала активная государственная политика по продвижению здорового образа жизни, более осознанного отношения к своему здоровью (особенно у молодых лиц), снижению негативных факторов среды обитания.

По данным главного статистического управления Гродненской области, за 2017–2021 гг. возросло среднее потребление следующих основных продуктов питания: мяса и мясных продуктов — в 1,2 раза, рыбы и продуктов из нее — в 1,2 раза, свежих фруктов и орехов — в 1,04 раза, свежих овощей — в 1,1 раза, мучных кондитерских изделий — в 1,03 раза, минеральной воды — в 1,4; уменьшилось потребление мяса птицы в 1,2 раза, сахара — в 1,2 раза, фруктовых и овощных соков — в 1,1 раза, что свидетельствует о незначительной положительной динамике увеличения доли полезных продуктов в рационе питания населения (таблица 2) [3].

Таблица 2 — Динамика потребления основных продуктов питания населением Гродненской области за 2017–2021 гг.

Наименование продуктов питания, единица измерения	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Мясо и мясные продукты, т	40 538,5	43 077,3	45 205,1	48 300,0	49 551,1
Мясо домашней птицы и дичи, т	15 503,8	16 043,1	15 026,8	14 477,1	13 028,4
Рыба и продукты из нее, т	8037,6	8596,7	9078,2	9426,2	9802,0
Свежие фрукты и орехи, т	25 619,0	25 135,6	29 841,1	26 878,0	26 715,2
Свежие овощи и грибы, т	25 379,0	24 097,5	24 838,7	26 593,5	26 616,2
Мучные кондитерские изделия, т	12 135,3	12 023,8	12 693,8	12 974,2	12 500,0
Сахаристые кондитерские изделия, т	8151,4	8455,0	9343,5	9244,3	9125,7
Сахар и сахарозаменители, т	16 871,9	17 531,8	14 620,3	15 972,8	14 451,6
Минеральная вода, тыс. дал	1954,4	2471,6	2581,9	2516,0	2816,6
Фруктовые и овощные соки, тыс. дал	376,5	383,0	398,6	403,1	338,1

Ежедневное потребление овощей и фруктов — единственная пищевая привычка, которая относится к ведущим факторам, оказывающим влияние на здоровье.

Протективный эффект ежедневного потребления овощей и фруктов отмечен в отношении отдельных форм онкопатологий. Данные указывают на статистически значимое снижение риска рака пищевода, легких, желудка, ободочной и прямой кишки, ассоциирующегося с потреблением и фруктов, и овощей. Снижение риска рака груди чаще ассоциируется только с овощами, а в отдельных исследованиях — еще и с фруктами. С фруктами ассоциируется снижение риска рака мочевого пузыря.

Потребление рыбы оказывает благоприятное действие на здоровье человека и снижает риск хронических неинфекционных заболеваний. Потребление рыбы снижает риск сердечно-сосудистых и некоторых онкологических заболеваний.

Потребление поваренной соли с пищей играет решающую роль в регулировании артериального давления. Отмечено, что избыточное потребление поваренной соли повышает уровень артериального давления и риск сердечно-сосудистых заболеваний, а также заболеваний почек, рака желудка.

Принимая во внимание тот факт, что неинфекционные заболевания находятся в прямой зависимости от многих факторов окружающей среды (быстрая урбанизация; старение населения; неограниченное потребление простых углеводов), необходима реализация национальных оздоровительных программ, прогрессивных профилактических мероприятий по борьбе с неинфекционными болезнями, где алиментарный фактор играет немаловажную роль.

Единая государственная концепция по профилактике неинфекционных заболеваний — создание условий, благоприятных для формирования здорового питания, в области торговли, пищевой промышленности и сельского хозяйства, для содействия здоровому питанию и защиты здоровья населения. Научный подход к данной проблеме обеспечивается исследованиями ученых в области химии, биохимии, физики продуктов питания, а также диетологии, нутрициологии и медицинской профилактики.

В рамках реализации Целей устойчивого развития (подпрограмма 2 «Профилактика и контроль неинфекционных заболеваний») по снижению влияния факторов риска неинфекционных заболеваний, преждевременной смертности и стабилизации инвалидности населения, наступивших по причине неинфекционных заболеваний, специалистами санитарно-эпидемиологической службы Гродненской области ведется профилактическая работа с ведомствами и руководителями предприятий пищевой промышленности по инициированию выработки и реализации продуктов питания, обогащенных микро- и макроэлементами, витаминами, бифидобактериями.

Одной из основных стратегических целей пищевых предприятий Гродненской области является обеспечение внутреннего рынка достаточным количеством биологически полноценных, экологически чистых и безопасных продуктов питания с учетом потребностей различных возрастных групп и состояния здоровья людей.

Субъектами хозяйствования внедряются технологии производства продуктов питания с научно доказанной эффективностью в отношении профилактики и укрепления защитных функций организма.

На предприятиях ОАО «Гроднохлебпром» в 2021 г. выработано 633 т диабетической и диетической, в том числе обогащенной, продукции (2,5% от общего количества выработанных хлебобулоч-

ных изделий). В ассортимент включены изделия, обогащенные пищевыми волокнами, витаминами и микроэлементами [4].

В ОАО «Молочный Мир» выпущено 4275,4 т кисломолочной продукции (кефир, сметана), обогащенной бифидобактериями, 110,8 т мороженого с кальцием, 1058,4 т кисломолочного биопродукта диетического, лечебного и профилактического питания с высоким содержанием бифидобактерий Бифитат; ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат» — 305,6 т кефира с витамином С, 76,7 т биоюгурта, 43,6 т биосметаны; «Новогрудские дары» филиал ОАО «Лидский молочно-консервный комбинат» — 61,1 т кисломолочной продукции, обогащенной бифидобактериями.

В ОАО «Слонимский мясокомбинат» выпущено 204 т обогащенной пищевыми волокнами продукции; ОАО «Волковысский мясокомбинат» — 377 т обогащенной пищевыми волокнами продукции; ОАО «Гродненский мясокомбинат» — 53 т специализированной продукции для дошкольного и школьного питания. На мясокомбинатах внедрены технологии с использованием сырья растительного происхождения, пищевой крови. Осуществляется выработка мясорастительных консервов, мясорастительных полуфабрикатов, колбасных изделий с использованием растительного сырья.

Полезные продукты с высоким содержанием клетчатки (пищевых волокон) и обогащенные инулином (натуральный пребиотик), в том числе специализированные продукты для питания детей, выпускают УДП «Гродненский консервный завод» и ОДО «Фирма АВС» г. Гродно. Фруктовые пюре производят из белорусского сырья без добавления сахара, консервантов, красителей и других искусственных добавок.

Более 400 тысяч литров в год полезного сока прямого отжима из отечественного сырья выпускает производственный кооператив имени В.И. Кремко. Технология прямого отжима и бережной пастеризации позволяет сохранить натуральный вкус и полезные вещества свежих фруктов и ягод.

В ОАО «Лидапищеконцентраты» налажено производство продуктов здорового питания (какао-напиток, кисель, кукурузные палочки), обогащенных льняной клетчаткой, и др.

Таким образом, необходимо отметить, что лидирующие позиции в структуре первичной заболеваемости населения Республики Беларусь занимают неинфекционные заболевания. Несбалансированному питанию отводится одно из ведущих мест среди всех поведенческих и биологических факторов риска развития хронических неинфекционных заболеваний. Однако проблему алиментарно-зависимых заболеваний относят к управляемым патологиям, их возникновение определено очевидными причинами, стратегия их профилактики имеет четкое практическое выражение. В Республике Беларусь, в частности, в Гродненской области, активно реализуются мероприятия по достижению Целей устойчивого развития по улучшению здоровья населения, в том числе путем совершенствования промышленного производства лечебно-профилактических продуктов функционального назначения, натурально-органической продукции с сохранением полезных компонентов.

## Литература

1. О развитии предпринимательства [Электронный ресурс]: Декрет Президента Республики Беларусь 23.11.2017 № 7. — Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/documents/dekret-7-ot-23-noj-abrja-2017-g-17533>. — Дата доступа: 02.09.2022.

2. О методике формирования системы оценки степени риска [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь 22.01.2018 № 43. — Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/C21800043\\_1516827600.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/C21800043_1516827600.pdf). — Дата доступа: 02.09.2022.

3. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Республики Беларусь 16.10.2009 № 510. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p30900510>. — Дата доступа: 02.09.2022.

4. Об определении критериев оценки степени риска для отбора проверяемых субъектов при проведении выборочной проверки [Электронный ресурс]: приказ М-ва здравоохранения Республики Беларусь 16.05.2019 № 582. — Режим доступа: [http://www.cgevtb.by/files/files/imce/582\\_prikaz\\_po\\_kriteriyam\\_0.pdf](http://www.cgevtb.by/files/files/imce/582_prikaz_po_kriteriyam_0.pdf). — Дата доступа: 02.09.2022.

Поступила 06.09.2022

## ПРОФИЛАКТИКА ЙОДОДЕФИЦИТНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Руфкина М.М., *ocge@mail.grodno.by*,

<sup>1</sup>Романчук Г.В.,

<sup>1</sup>Руфкин А.В.,

<sup>2</sup>Ковшик Л.П., *uzo@mail.grodno.by*

<sup>1</sup>Государственное учреждение «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Гродно, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Учреждение здравоохранения «Гродненский областной эндокринологический диспансер», г. Гродно, Республика Беларусь

Йод относится к группе биомикроэлементов, которые влияют на жизнедеятельность организма. Он нормализует работу эндокринной системы путем регулирования функций щитовидной железы, а также гипофиза; обеспечивает обменные процессы; способствует нормальному физическому и умственному развитию (особенно детей); предупреждает накопление радиоактивного йода, что обеспечивает надежную защиту от воздействия радиации; укрепляет иммунитет; нормализует работу нервной системы; регулирует работу сердечно-сосудистой, половой, а также костно-мышечной систем; стабилизирует гормональный фон. Суточная потребность йода составляет 100–200 мкг в зависимости от возраста, то есть за всю жизнь человек должен употребить всего 3–5 г йода [1].

При хроническом дефиците йода происходит срыв адаптационных механизмов организма. Проявления недостаточности могут быть различными: дефекты развития плода, нарушение умственного и физического развития, эндемический зоб у детей, а также нарушение когнитивной функции, гипотиреоз, снижение репродуктивной функции у взрослых.

На сегодняшний день подавляющее большинство заболеваний щитовидной железы (далее — ЩЖ) излечимо, а в части случаев — предотвратимо.

Последнее касается заболеваний, связанных с дефицитом йода в питании. Йодный дефицит, вопреки популярным представлениям, приводит не только к увеличению размера ЩЖ, но, воздействуя, например, на организм беременной женщины, может привести к необратимым изменениям со стороны нервной системы плода, крайним проявлением которых является кретинизм, сопровождающийся тяжелой умственной отсталостью.

Эндемический зоб — это заболевание ЩЖ, проявляющееся увеличением ее объема и встречающееся в географических районах с недостаточным содержанием йода в пище, воде, воздухе. На всей территории Республики Беларусь регистрируется йодный дефицит той или иной степени выраженности.

По данным Всемирной организации здравоохранения (далее — ВОЗ), йододефицитные заболевания — одни из наиболее распространенных неинфекционных заболеваний человека. Согласно рекомендациям ВОЗ, всеобщее йодирование соли является рекомендуемым наиболее доступным мероприятием для предотвращения и коррекции дефицита йода, суточная потребность в котором составляет 180–220 мкг. В связи с этим особо важное значение для профилактики заболеваний ЩЖ имеет ежедневное употребление в пищу йодированной соли, которое избавит здорового человека от необходимости покупать биологические добавки и лекарства, содержащие йод. Кроме того, включение в пищевой рацион продуктов, богатых йодом (морская капуста, морская рыба, другие морепродукты, хлеб ржаной, молоко, яйца, мясо, зерновые — овес, гречка, просо, горох; овощи — свекла, спаржа, морковь, баклажаны, салат; калина, черноплодная рябина, киви, бананы, хурма, грецкие и кедровые орехи), позволит в значительной мере предупредить йододефицитные заболевания. Также по назначению врача возможно применение йодосодержащих препаратов или витаминных комплексов с содержанием йода.

В 2021 г. в Гродненской области с различными заболеваниями щитовидной железы наблюдалось 23 202 человека (21 484 чел. в 2020 г.), в том числе детей — 2925 (2890 — в 2020 г.). В соответствии с данными Государственной статистической отчетности формы 1-заболеваемость «Отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов в возрасте 18 лет и старше, проживающих в районе обслуживания учреждения здравоохранения „Гродненский областной эндокринологический диспансер“, оказывающий медицинскую помощь» за 2001–2021 гг. в течение последних 10 лет регистрируется стойкий рост гипотиреоза (снижение функции щитовидной железы) (таблица 1).

Таблица 1 — Динамика показателей первичной заболеваемости населения Гродненской области по основным классам болезней (нозологиям) (на 100 000 населения) за 2019–2021 гг.

Нозология	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Болезни щитовидной железы	238,34	202,87	241,66
Эндемический зоб	79,09	70,38	96,56
Узловой зоб	51,48	44,75	69,94
Врожденный гипотиреоз	0,48	0,49	0,1

Первичная заболеваемость диффузным эндемическим зобом имеет тенденцию к снижению и составила по итогам 2021 г. 26,62 на 100 тыс. населения.

Для преодоления недостаточности йода в питании используются методы индивидуальной, групповой и массовой йодной профилактики.

Массовая йодная профилактика является наиболее эффективным и экономичным методом восполнения дефицита йода и достигается путем внесения солей йода в наиболее распространенные продукты питания: поваренную соль, хлеб, воду. Установлено, что дополнительное регулярное потребление 100–150 мкг йода независимо от способа его введения приводит к существенному (на 50–65%) и достоверному снижению частоты увеличения щитовидных желез у детей школьного возраста в районах с легкой и умеренной степенью йодной недостаточности в течение 6–9 месяцев от начала проведения йодной профилактики. В большинстве случаев применение йодированной поваренной соли является базовым способом профилактики йододефицитных заболеваний. Соль — единственный минерал, который добавляется в пищу непосредственно. Выбор соли в качестве «носителя» йода обусловлен тем, что она используется всеми слоями общества независимо от социального и экономического статуса. Диапазон ее потребления весьма невелик (в среднем от 5 до 10 г в сутки) и не зависит от времени года, возраста, пола. При правильной технологии йодирования соли невозможно передозировать йод и тем самым вызвать какие-либо осложнения.

Индивидуальная йодная профилактика предполагает использование профилактических лекарственных средств, обеспечивающих поступление физиологического количества йода. Для эффективного преодоления йодного дефицита индивидуальная профилактика требует от пациента достаточного обучения и мотивации.

Групповая йодная профилактика подразумевает организованный прием препаратов, содержащих йод, группами населения с наибольшим риском развития йододефицитных заболеваний (дети, подростки, беременные и кормящие женщины).

С целью преодоления дефицита йода в питании населения и высокой распространенности йододефицитных заболеваний, в частности, эндемического зоба, приняты постановления Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 11 от 21.03.2000 «О проведении профилактики йододефицитных заболеваний» и Совета Министров Республики Беларусь № 37 от 25.01.2021 «Об утверждении гигиенических нормативов». Указанные документы определяли изменение стандарта содержания йода (0,04 мг/кг) в соли, обязывали производителей использовать йодат калия вместо калия йодида, определили изменение технических нормативно-правовых актов на производство пищевых продуктов с обязательным использованием йодированной соли и обязательное использование йодированной соли при приготовлении пищи в общественном питании всех типов. В настоящее время йодированная соль используется при производстве большинства пищевых продуктов (за исключением сыров и сырных продуктов, продуктов переработки океанических рыб и морепродуктов). Таким образом, в Республике Беларусь решение поставленной задачи по ликвидации йодного дефицита обеспечено в результате внедрения подзаконных актов, что позволило достичь адекватного уровня потребления йода с продуктами питания.

В настоящее время на предприятиях Гродненской области согласно ведомственной отчетности «Сведения о санитарном состоянии территории Гродненской области за 2001–2021 гг.» государственного учреждения «Гродненский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» йодированная поваренная соль используется при производстве большинства пищевых продуктов. Данные мониторинга, проводимого центрами гигиены и эпидемиологии Гродненской области, показывают, что удельный вес закупок субъектами хозяйствования области йодированной поваренной соли увеличился с 40,8% в 2001 г. до 71,2% в 2021 г.

Санитарно-эпидемиологической службой на протяжении нескольких десятков лет проводятся лабораторные исследования йодированной поваренной соли, в том числе иностранного производства, на содержание йода. Удельный вес не соответствующих гигиеническим нормативам по содер-

жанию йода проб соли снизился с 3,9% в 2001 г. до 0,1% в 2008 г. Переход при производстве йодированной поваренной соли от калия йодида к йодату калия позволил пересмотреть подходы к организации государственного санитарного надзора, сократить количество отбираемых образцов йодированной поваренной соли, поскольку йодат калия зарекомендовал себя как высокостабильное соединение, обеспечивающее сохранность потребительских свойств йодированной поваренной соли более длительное время (9 месяцев в сравнении с солью, йодированной калия йодидом, срок годности которой составляет лишь 3 месяца) и устойчивость к температурным условиям (соль, йодированная калия йодидом, легко разлагается с выделением свободного йода при термической обработке и хранении и тем самым обуславливает неприятный запах и привкус продуктов питания). За период с 2009 г. по 2021 г. все отобранные образцы йодированной поваренной соли по содержанию йода соответствовали требованиям гигиенических нормативов.

Благодаря Государственной программе йодный дефицит ликвидирован в Республике Беларусь, но при прекращении или сокращении использования йодированной соли йодный дефицит возникает вновь.

Важно подчеркнуть, что для достижения цели устранения дефицита йода в питании и профилактики йододефицитных заболеваний в Республике Беларусь был использован рациональный подход, заключающийся в обязательном использовании йодированной поваренной соли в пищевой промышленности и общественном питании.

Высокие объемы реализации йодированной поваренной соли и увеличение сроков ее годности за счет перехода от калия йодида к йодату калия при йодировании соли свидетельствуют об успешном ходе реализации программы по преодолению дефицита йода в питании населения на территории Гродненской области. Применение йодированной поваренной соли в отечественной пищевой промышленности позволило достичь адекватного уровня потребления йода с продуктами питания.

Для предупреждения негативных явлений в состоянии здоровья населения, связанных с дефицитом йода, необходимо продолжить поддержку потребления населением пищевых продуктов, содержащих йод, и йодированной поваренной соли.

## Литература

1. Третьяк, С.И. Заболевания щитовидной железы: учеб.-метод. пособие / С.И. Третьяк, В.Я. Хрыщанович. — Минск: БГМУ, 2006. — 23 с.

Поступила 06.09.2022

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ ПЕПТИДОВ МОЛОКА В $\beta$ - И $\gamma$ -ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Свинтилова Т.Н., [svintat@gmail.com](mailto:svintat@gmail.com),  
Журихина Л.Н., к.б.н., [lzurichina25@gmail.com](mailto:lzurichina25@gmail.com),  
Бондарук А.М., к.м.н., [bam-1962@tut.by](mailto:bam-1962@tut.by),  
Цыганков В.Г., к.м.н., доцент, [vgz@tut.by](mailto:vgz@tut.by),  
Осипова Т.С., [osits80@gmail.com](mailto:osits80@gmail.com)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Циклодекстрины (далее — ЦД) — природные циклические олигосахариды — вызывают большой интерес в связи с их уникальным строением, а именно со способностью образовывать комплексы включения типа «хозяин – гость», или клатраты. Пространственная геометрия молекул ЦД позволяет различным соединениям размещаться во внутренней гидрофобной полости с образованием молекулярного комплекса типа «гость — хозяин», что придает гидрофобным молекулам «гостя» уникальное свойство растворяться в водной фазе за счет гидрофильной наружной поверхности молекулярного контейнера [1]. Циклодекстрин в составе комплекса включения защищает молекулу «гостя» от повреждения различными активными соединениями, что значительно расширяет возможности комбинирования биологически активных соединений в составе композитов [2–4].

Ферментативные гидролизаты белков молока являются ценным пищевым продуктом для нутритивной поддержки медицинской помощи. Наиболее доступным является белковое сырье, полученное в результате переработки молочной сыворотки — побочного продукта производства сыра и казеина. Гидролизованные белки молока содержат низкомолекулярные пептиды, благодаря которым они обладают иммуномодулирующим, гипотензивным, антиоксидантным, антимикробным и другим действием. Необходимо отметить, что белковые гидролизаты обладают выраженной горечью, что ограничивает их применение как компонента пищевых продуктов. Горечь пептидов обусловлена главным образом составом аминокислот и их полярностью. Образованные комплексы ЦД с пептидами отличаются лучшей растворимостью, устойчивостью к воздействию химических и физических факторов, биодоступностью и переносимостью. Кроме того, при образовании комплексов циклических олигосахаридов с «горькими» пептидами достигается улучшение их вкусовых качеств.

На республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» была проведена научно-исследовательская работа, целью которой являлось проведение сравнительной токсиколого-гигиенической оценки комплексов включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстрины на тест-объекте *Tetrahymena pyriformis*.

Токсиколого-гигиенические исследования комплексов включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстрины на *T. pyriformis* осуществлялись на основе принципов и методов, принятых в общей токсикологии.

При первичной токсикологической оценке проводили определение следующих параметров острой и подострой токсичности: дозы, вызывающей гибель 16% особей (далее —  $LD_{16}$ ); дозы, вызывающей гибель 50% особей (далее —  $LD_{50}$ ); дозы, вызывающей гибель 84% особей (далее —  $LD_{84}$ ); коэффициента кумуляции (далее — Ккум).

Ккум определяли как частное между средней смертельной дозой, полученной в подостром эксперименте, и средней смертельной дозой, полученной в остром эксперименте.

По результатам оценки средней смертельной дозы и кумулятивных свойств устанавливали класс токсичности исследуемых веществ в остром эксперименте [5] (таблица 1).

Таблица 1 — Гигиеническая классификация биологически активных веществ по результатам изучения их токсичности на *T. pyriformis*

Показатели токсичности и опасности	Классы по убывающей степени токсичности				
	1 чрезвычайно опасные	2 высоко опасные	3 умеренно опасные	4 мало опасные	5 неопасные
$LD_{50}$ , мг/мл	менее 0,1	0,1–1,0	1,1–20	21–50	более 50
$K_{кум_{acuta}}$	менее 0,1	0,10–0,30	0,31–0,49	0,50–1,0	более 1,0

Отнесение исследуемого объекта к классу токсичности производили по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу токсичности.

При исследовании токсичности комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ -циклодекстрин в остром эксперименте в 1 мл питательной среды с 100 000 инфузорий в стационарной фазе роста вносили следующие дозы: 50, 100, 150, 200, 250, 300 мг. Время экспозиции проб с простейшими при определении острой токсичности составило 5 часов.

Через 5 часов инкубации комплекса в концентрации 50 мг/мл численность инфузорий не отличалась от контрольного уровня (летальность составила 0%), в концентрации 100 мг/мл снизилась на 8%, в концентрации 150 мг/мл — на 17%, в концентрации 200 мг/мл — на 29–31%, в концентрации 250 мг/мл — на 40%, в концентрации 300 мг/мл — на 54% по сравнению с контрольным уровнем.

При исследовании подострой токсичности (время экспозиции 24 ч) комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ -циклодекстрин наблюдалось усиление токсического эффекта по  $LD_{16}$ ,  $LD_{50}$  и  $LD_{84}$  по сравнению с таковыми острого эксперимента. Так, в пробах, содержащих 100 мг/мл комплекса, летальность простейших составила 12%, 150 мг/мл — 31%, 200 мг/мл — 62–78%, 250 мг/мл — 92%, 300 мг/мл — 95%.

Методом пробит-анализа летальности инфузорий в остром и подостром экспериментах рассчитаны параметры острой и подострой токсичности комплекса пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ -циклодекстрин (таблица 2).

Таблица 2 — Параметры токсичности комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ -циклодекстрин по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс токсичности
Острая токсичность		
ЛД <sub>16</sub> , мг/мл	151,91 ± 0,38	–
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	277,25 ± 1,30	5
ЛД <sub>84</sub> , мг/мл	402,58 ± 1,13	–
Подострая токсичность		
ЛД <sub>16</sub> , мг/мл	111,20 ± 4,19	–
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	173,23 ± 9,94	–
ЛД <sub>84</sub> , мг/мл	235,26 ± 0,61	–
Ккум <sub>acuta</sub>	0,62	4

Первичная токсиколого-гигиеническая оценка комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ -циклодекстрин в остром и подостром экспериментах на *T. pyriformis* показала, что по среднесмертельной дозе он относится к 5-му классу токсичности (является нетоксичным), а по коэффициенту кумуляции — к 4-му классу токсичности (является малотоксичным).

При исследовании токсичности комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\gamma$ -циклодекстрин в остром эксперименте в 1 мл питательной среды с 100 000 инфузорий в стационарной фазе роста вносили следующие дозы: 50, 100, 200, 300, 400 мг. Время экспозиции проб с простейшими при определении острой токсичности составило 5 часов.

Через 5 часов инкубации комплекса в концентрации 50 мг/мл численность инфузорий не отличалась от контрольного уровня (летальность составила 0%), в концентрации 100 мг/мл снизилась на 10–12%, в концентрации 200 мг/мл — на 17–20%, в концентрации 300 мг/мл — на 25–27%, в концентрации 400 мг/мл — на 35–36% по сравнению с контрольным уровнем.

При исследовании подострой токсичности (время экспозиции 24 ч) комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\gamma$ -циклодекстрин наблюдалось усиление токсического эффекта по ЛД<sub>16</sub>, ЛД<sub>50</sub> и ЛД<sub>84</sub> по сравнению с таковыми острого эксперимента. Так, в пробах, содержащих 100 мг/мл комплекса, летальность простейших составила 17–18%, 200 мг/мл — 26–28%, 300 мг/мл — 35–37%, 400 мг/мл — 45–48%.

Методом пробит-анализа летальности инфузорий в остром и подостром экспериментах рассчитаны параметры острой и подострой токсичности комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\gamma$ -циклодекстрин (таблица 3).

Таблица 3 — Параметры токсичности комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\gamma$ -циклодекстрин по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Величина токсичности	Класс токсичности
Острая токсичность		
ЛД <sub>16</sub> , мг/мл	200,87 ± 5,91	–
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	493,06 ± 4,01	5
ЛД <sub>84</sub> , мг/мл	785,25 ± 13,94	–
Подострая токсичность		
ЛД <sub>16</sub> , мг/мл	127,40 ± 3,93	–
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	403,26 ± 4,91	–
ЛД <sub>84</sub> , мг/мл	679,10 ± 13,76	–
Ккум <sub>acuta</sub>	0,82	4

Первичная токсиколого-гигиеническая оценка комплекса включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\gamma$ -циклодекстрин в остром и подостром экспериментах на *T. pyriformis* показала, что по среднесмертельной дозе он относится к 5-му классу токсичности (является нетоксичным), а по коэффициенту кумуляции — к 4-му классу токсичности (является малотоксичным).

Сравнительная токсиколого-гигиеническая оценка комплексов включения пептидов гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстрины в остром и подостром экспериментах

на *T. pyriformis* показала, что по среднесмертельной дозе они относятся к 5-му классу токсичности (являются нетоксичными), по коэффициенту кумуляции — к 4-му классу опасности (являются мало-токсичными) (таблица 4).

Таблица 4 — Сравнительная оценка по токсикологическим параметрам комплексов включения белков молока в  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстрины по результатам оценки на *T. pyriformis*

Показатель токсичности	Комплекс включения гидролизата сывороточных белков молока в			
	$\beta$ -циклодекстрин		$\gamma$ -циклодекстрин	
	величина токсичности	класс токсичности	величина токсичности	класс токсичности
ЛД <sub>50</sub> , мг/мл	277,25 ± 1,30	5	493,06 ± 4,01	5
Ккум <sub>acuta</sub>	0,62	4	0,82	4

В связи с тем, что отнесение исследуемого объекта к классу токсичности производится по параметру, значение которого соответствует наиболее высокому классу токсичности, то по результатам токсиколого-гигиенической оценки на *T. pyriformis* комплексы включения гидролизата сывороточных белков молока в  $\beta$ - и  $\gamma$ -циклодекстрины относятся к 4-му классу токсичности.

### Литература

1. Szente, L. Cyclodextrins as food ingredients / L. Szente, J. Szejtli // Trends Food Sci. Technol. — 2004. — Vol. 15, № 3–4. — P. 137–142.
2. Shiozawa, R. Effect of antioxidant activity of caffeic acid with cyclodextrins using ground mixture method / R. Shiozawa // Asian J. Pharm. — 2018. — Vol. 13, № 1. — P. 24–33.
3. Stražišar, M. Effect of  $\beta$ -cyclodextrin on antioxidant activity of coumaric acids / M. Stražišar, S. Andrešek, A. Šmidovnik // Food Chem. — 2008. — Vol. 110, № 3. — P. 636–642.
4. Yang, L. A cell-penetrating peptide conjugated carboxymethyl- $\beta$ -cyclodextrin to improve intestinal absorption of insulin / L. Yang // Int. J. Biol. Macromol. — 2018. — Vol. 111. — P. 685–695.
5. Методы экспресс-оценки безвредности биологически активных добавок к пище, являющихся источниками аминокислот, витаминов и минеральных веществ, на *Tetrahymena pyriformis*: инструкция по применению: утв. 07.04.2016, № 034–1215 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь; авт.-сост. Л.Н. Журихина, А.М. Бондарук, Т.С. Осипова. — Минск, 2015. — 25 с.

Поступила 09.09.2022

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННЫМ С НАЛИЧИЕМ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ АНТИБИОТИКОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

<sup>1</sup> Сперанская В.Г., [svg-30@mail.ru](mailto:svg-30@mail.ru),

<sup>2</sup> Федоренко Е.В., к.м.н., доцент, [afedorenko71@mail.ru](mailto:afedorenko71@mail.ru),

<sup>2</sup> Журихина Л.Н., к.б.н., [lzurichina25@gmail.com](mailto:lzurichina25@gmail.com)

<sup>1</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Аналог технолоджи», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Применение антибактериальных препаратов в ветеринарии обуславливает высокую вероятность обнаружения их остаточных количеств в пищевой продукции, что является одним из актуальных вопросов общественного здравоохранения в связи с наличием рисков здоровью населения. Остаточные количества антибактериальных препаратов при постоянном поступлении в организм человека с пищей могут приводить к развитию хронических эффектов токсического и микробиологического характера — нарушению баланса микрофлоры кишечника, формированию антибиотикорезистентности пищевых патогенов.

Антибиотикоустойчивость микроорганизмов, циркулирующих в пищевых цепях, является глобальной проблемой безопасности пищевой продукции, обусловленной в том числе наличием в продуктах ветеринарных лекарственных средств в субингибиторных концентрациях. Хроническое поступление в организм малых доз антибиотиков приводит к дисбалансу кишечной микробиоты — антагонизму бифидо- и лактофлоры, уменьшению количества лактобактерий, стафилококков на фоне роста числа кишечных палочек, что сопровождается патогистологическими изменениями тканей внутренних органов, является индуктором горизонтального трансфера генов резистентности и формирования множественной резистентности бактериальных патогенов [1–3].

Таким образом, потребность в обеспечении населения Республики Беларусь безопасной пищевой продукцией обуславливает необходимость проведения актуальных исследований по оценке риска здоровью, ассоциированного с наличием остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции, с применением научно обоснованных методов.

В рамках научно-исследовательской работы по заданию 02.04. ОНТП «Гигиеническая безопасность» (2019–2023 гг.) на основании углубленного изучения международных, европейских и национальных подходов к оценке риска, связанного с контаминацией пищевой продукции химическими веществами, в том числе антибактериальными препаратами, научно обоснованы методы оценки и управления риском здоровью, ассоциированным с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции, с учетом национальной системы обеспечения безопасности пищевой продукции. Указанные методические подходы формализованы в инструкции по применению № 033–1221 «Методы оценки и управления риском здоровью, ассоциированным с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции» (утверждена заместителем Министра — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022) (далее — Инструкция) [4]. В Инструкции детально описан каждый этап оценки риска, включая идентификацию опасности, характеристику опасности, оценку экспозиции и характеристику риска, предложены подходы для проведения гигиенической оценки уровней контаминации пищевой продукции остаточными количествами антибиотиков. Для проведения статистической обработки данных исследований потребления пищевой продукции предложены метод кластерного анализа и соответствующий алгоритм.

На этапе идентификации опасности предлагается провести анализ информации о потенциальном негативном влиянии остаточных количеств антибиотиков на здоровье человека, определить наиболее чувствительную конечную точку воздействия (лимитирующий показатель) на организм, сценарии хронического и острого воздействия. Основные негативные микробиологические эффекты, связанные с поступлением остаточных количеств антибиотиков в организм человека, приводятся в приложении к Инструкции и включают качественное и количественное нарушения микрoэкологического баланса желудочно-кишечного тракта, развитие антибиотикорезистентных пищевых бактериальных патогенов (патогенных и условно-патогенных микроорганизмов), псевдомембранозный колит, синдром раздраженного кишечника, нарушение обмена жирных кислот, ожирение, мальабсорбцию, обусловленную развитием дисбиотического состояния кишечной микрофлоры, аллергические реакции.

Этап характеристики опасности включает анализ данных об используемых в регионе антибиотиках для ветеринарии, соотнесение указанной информации с частотой выявления антибиотикорезистентных пищевых патогенов, оценку распространенности устойчивых форм микроорганизмов в среде технологического окружения на производствах, распространенность и характеристику нарушений микробиоты человека и другую доступную информацию относительно целевого антибиотика и угрозы резистентности к нему на исследуемой территории.

На этапе характеристики опасности проводятся гигиеническая оценка уровней контаминации антибиотиками пищевой продукции и гигиеническая оценка уровней потребления пищевой продукции, потенциально контаминированной остаточными количествами антибиотиков, с использованием установленных статистических методов и алгоритмов. Полученные в ходе проведения указанных мероприятий количественные данные позволяют провести расчет экспозиции остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции по предложенной в Инструкции формуле в зависимости от различных сценариев.

Метод оценки риска здоровью, ассоциированного с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции, основан на расчете коэффициента опасности (далее —  $HQ$ ) по формулам в зависимости от типа воздействия остаточных количеств антибиотиков на организм (токсический, фармакологический, микробиологический) с учетом допустимой суточной дозы, указанной в приложении к Инструкции. Оценка рассчитанного коэффициента опасности проводится для трех вариантов:

- если  $HQ$ , рассчитанный для медианы и 90-го (95-го) перцентиля содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции и уровня потребления, не превышает 1, то такое воздействие (риск для здоровья) характеризуется как допустимое;

- если  $HQ$ , рассчитанный для медианы содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции не превышает 1, а на уровне 90-го (95-го) перцентиля превышает 1, то независимо от значения уровня потребления необходимо усилить контроль за содержанием остаточных количеств исследуемого антибиотика в группе продуктов, вносящих наибольший вклад в экспозицию;
- если  $HQ$ , рассчитанный для медианы содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции, превышает 1, то такое воздействие (риск для здоровья) характеризуется как недопустимое и требует принятия управленческих решений, направленных на снижение содержания остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции и уровней их поступления с рационом.

Одним из преимуществ использования метода является возможность расчета как теоретического, так и ожидаемого, основанного на реальных значениях контаминации пищевых продуктов антибиотиками и потребления пищи, риска с использованием формул и справочных значений, приведенных в приложениях, возможность принятия управленческих решений на основании проведенной оценки риска.

Так, при моделировании экспозиции и гигиенической оценке риска здоровью взрослого населения согласно разработанному методу с использованием фактических данных по потреблению молочной и мясной продукции взрослыми и фактическими уровнями контаминации молочной и мясной продукции антибиотиками тетрациклиновой группы выявлено допустимое воздействие остаточных количеств указанных антибиотиков, как на уровне медианы, так и на уровне 95-го перцентиля.

При моделировании и гигиенической оценке риска здоровью детского населения с учетом теоретического поступления на уровне доз, где контаминация равна максимально допустимому уровню, а суммарное потребление молочных и мясных продуктов предложено на уровне норм потребления, установленных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.04.2013 № 317 «О нормах питания и денежных нормах расходов на питание обучающихся, а также участников образовательных мероприятий из числа лиц, обучающихся в учреждениях образования», выявлено недопустимое теоретическое воздействие остаточных количеств антибиотика энрофлоксацина в случае потребления продуктов детьми (весом 20 кг) по нормам питания учреждений образования с круглосуточным пребыванием. В данном случае потребуются дальнейшая оценка риска здоровью детей, ассоциированного с наличием остаточных количеств энрофлоксацина, изучение уровней контаминации других видов пищевой продукции данным антибиотиком.

Таким образом, разработанный метод оценки риска может быть использован для определения приоритетных контролируемых показателей и видов пищевой продукции, в системе первичной медицинской профилактики состояний, ассоциированных с наличием остаточных количеств антибиотиков в пищевой продукции, для обоснования и оценки надежности гигиенических нормативов.

Метод управления риском здоровью, ассоциированным с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции, представленный в Инструкции, основан на применении вариантов управленческих решений в зависимости от проведенной оценки риска здоровью и включает отдельные этапы анализа результатов оценки риска, оценку вариантов управления рисками, реализацию управленческого решения, мониторинг и анализ. В содержание указанных этапов могут входить оценка эффективности программ производственного контроля на пищевых предприятиях, формирование перечня предприятий и поставщиков высокого риска для планирования проведения надзорных мероприятий, разработка программ мониторинга устойчивости микроорганизмов к приоритетным антибиотикам, остаточные количества которых обнаруживаются в пищевой продукции.

## Литература

1. Шевелева, С.А. Антибиотикоустойчивые микроорганизмы в пище как гигиеническая проблема (обзорная статья) / С.А. Шевелева // Гигиена и санитария. — 2018. — Т. 97, № 4. — С. 342–354.

2. Минорные количества антибиотиков в пищевых продуктах: в чем риски для потребителей / С.А. Шевелева [и др.] // Вопросы питания. — 2021. — Т. 90, № 3. — С. 50–57.

3. Проблемы безопасности пищевых продуктов и гигиены пищевых производств в условиях текущей пандемии COVID-19 / Н.Д. Коломиец [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр гигиены; редкол.: С.И. Сычик (гл. ред.) [и др.]. — Минск, 2020. — Вып. 30. — С. 104–112.

4. Методы оценки и управления риском здоровью, ассоциированным с остаточными количествами антибиотиков в пищевой продукции: инструкция по применению, рег. № 033–1221: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 11.05.2022. — Минск, 2022. — 16 с.

Поступила 13.09.2022

## РЕКЛАМА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ КАК СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Федоренко Д. А., *darya\_zabrockaya@mail.ru*,  
Кулагина Д. А., *dashakulagina99@mail.ru*,  
Федоренко Е. В., к. м. н., доцент, *afedorenko71@mail.ru*,  
Цемборевич Н. В., к. м. н., *tse.natasha@yandex.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Питание является неотъемлемой частью жизни человека и важным фактором сохранения здоровья. Пищевые привычки индивидуума формируются под воздействием ряда факторов, в том числе социальных, одним из которых является информационная среда. В настоящее время потребителям предоставляются различные способы получения информации о пищевой продукции (маркировка, продвижение, в том числе реклама), используемые производителем или продавцом продукции, медицинское консультирование. При этом степень законодательного регулирования указанных составляющих существенно различается.

В настоящее время в Республике Беларусь создана законодательная система, направленная на адекватное информирование и невведение в заблуждение потребителей пищевой продукции. Установлены требования к маркировке, указанию сведений о пользе для здоровья и снижении риска развития заболеваний. Техническим регламентом Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (далее — ТР ТС 022/2011) установлены обязательные требования к маркировке пищевой продукции, касающиеся информации, в той или иной степени связанной со здоровьем: информация о пищевой и энергетической ценности, компонентном составе, предупредительные надписи и другое. ТР ТС 022/2011 допускает нанесение на добровольной основе на маркировку информации об отличительных признаках пищевой продукции, при этом такая информация должна подтверждаться доказательствами. Для выработки единых подходов специалистов к рассмотрению материалов, представляемых в качестве доказательной базы, отличительных признаков пищевой продукции разработан ряд инструктивно-методических документов, описывающих методы оценки обоснованности маркируемой информации о влиянии пищевой продукции на здоровье, методы оценки эффективности специализированной пищевой продукции, комплекс принципов ранжирования пищевых продуктов на основе их состава и потенциального влияния на здоровье. Однако специфические требования к рекламе указанной категории продукции, в том числе в интернете, особенно в отношении рекламы, направленной на детей, не установлены.

Реклама существенно влияет на пищевое поведение потребителей. С одной стороны, она доводит до потребителей сведения для принятия решения о приобретении продукта, с другой, сочетая свою информативность с убедительностью, несомненно, оказывает на человека эмоциональное воздействие. Реклама — тонкий психологический инструмент, манипулирующий склонностью людей к доверию и желанием приобретать новые товары (услуги). Поэтому важным представляется определение баланса между необходимостью увеличения продаж продукции (т. е. экономической составляющей) и интересами потребителей, в том числе в части получения достоверной информации о пищевой продукции.

Одним из популярных способов продвижения является интернет, в частности социальные сети, которые позволяют привлекать большое количество пользователей и взаимодействовать с аудиторией. Крупные продовольственные компании в последние годы увеличили свое рекламное присутствие на указанных платформах с целью привлечения молодой аудитории. Coca-Cola, например, выделяет 20 % своего годового рекламного бюджета в размере 4 миллиардов долларов США на социальные сети, при этом в 2006 г. на эти цели было отведено лишь 3 % [1].

Дети получают все большее признание как важная группа независимых и/или влияющих на семейные покупки потребителей и зачастую рассматриваются производителями пищевой продукции как целевая группа. При этом отдельные продукты с высоким содержанием соли, сахара и жира не являются приемлемыми для частого употребления детьми с точки зрения здорового питания [2]. Указанное обуславливает необходимость изучения распространенности рекламы пищевой продукции, в том числе направленной на детскую аудиторию, в различных источниках информации, включая интернет.

При разработке пищевой продукции производители исходят из спроса конкретных возрастных групп потребителей, а также законодательно утвержденных требований к ингредиентному составу, показателей безопасности и пищевой ценности. Широко употребляемые пищевые продукты, в том

числе с высоким содержанием соли, сахара и жира, несомненно, присутствуют в рационе детей с определенного возраста. При этом технологии продвижения, в том числе реклама продуктов, которые ни по своему составу, ни по пищевой ценности не могут рассматриваться в качестве предпочтительных в питании детей, зачастую используют детские образы, героев мультфильмов, бренд-персонажи, что создает у потребителей ложные представления о приемлемости в питании ребенка.

Следует отметить, что с точки зрения психологической защиты дети по сравнению со взрослыми еще не в состоянии противопоставлять внешнему влиянию собственные взгляды и моральные критерии. Только с возрастом и жизненным опытом формируется способность возводить информационный барьер, скажем, против рекламных слоганов. Так, Е. Голяшева среди методов психологического воздействия рекламы на детей, в силу возрастной специфики психического развития, выделяет:

- психологическое подчинение (вследствие воздействия на эмоциональную сферу личности);
- подражание (присвоение ребенку различных моделей поведения, взглядов, мировоззрения взрослых);
- внушение (высокая внушаемость детей в связи с несформированной целостностью личности) [3].

Умение воспринимать окружающий мир и критически осмысливать информацию формируется по мере роста и развития. Например, до 3–4 лет ребенок не способен осознать подтекст в сказках, он видит только конкретные вещи. Использование этого фактора при создании рекламы сильно влияет на сознание ребенка. Современные ролики похожи на короткометражные фильмы с красивыми видеорядами и музыкой, что привлекает маленьких зрителей. Рядом авторов отмечается, что маленькие потребители (дети 3–5 лет) не отличают маркетинговые сообщения от другого контента, не осознают основную их цель — стремление убедить. И хотя дети уже с дошкольного возраста умеют идентифицировать рекламу, эта способность основывается на внешнем восприятии видеоряда, а не на понимании разницы между содержанием рекламы и другими программами. Основываясь на этих факторах, продвижение зачастую направлено на детскую аудиторию как более поддающуюся воздействию, и ее рассматривают как потенциально важный сегмент потребителей, в том числе имеющих сильное влияние на другую группу покупателей — родителей.

Маркетинг, направленный на детскую аудиторию, широко распространен в медиапространстве. Дети имеют доступ к большому количеству средств массовой информации (далее — СМИ), контролировать которые, как правило, затруднительно. Вызывает настороженность тот факт, что реклама влияет на сознание юного зрителя, может продвигать определенный образ жизни, псевдопотребности, поощрять потребление и культ вещей.

Рекламные ролики предлагают простые методы решения проблем, в том числе с помощью пищи, используя побудительные мотивы: не получается сделать что-то — съешь шоколадный батончик, что формирует пассивное поведение и привычку «заедать проблемы».

По данным на 2020 г., наиболее популярными среди подростков социальными сетями в Республике Беларусь являются ВКонтакте (используется среди 83 % опрошенных), Instagram (79 %) и TikTok (33 %). К сожалению, объем охвата оценить затруднительно, так как часть детей при регистрации не указывает свой истинный возраст. Как показал опрос, около 40 % детей младшего школьного возраста уже имеют страницы в социальных сетях, хотя в правилах и указано, что пользователь должен быть старше 14 лет. В социальных сетях дети сталкиваются с множеством различного рекламного контента, содержание которого никак не регулируется и, следовательно, может оказывать негативное влияние на их пищевые предпочтения. На момент написания этой статьи в социальной сети Instagram было размещено более 495 миллионов постов с тегами #food и 226 миллионов тегов #instafood, а это позволяет сделать вывод, что пользователи социальных сетей «завалены» изображениями еды.

Триада — «цифровой» образ жизни, низкая физическая активность и неправильные пищевые привычки — является предпосылкой для нарастающей эпидемии ожирения, особенно среди детского населения. Избыточный вес и ожирение суммарно в возрастной группе 6–9 лет в целом составляют около 60 %, наблюдается тенденция к росту их распространенности в европейском регионе и в Республике Беларусь.

Проблема подверженности подростков влиянию рекламы актуальна повсеместно. Так, Кембриджским университетом изучалось, как часто участники видят в своих социальных сетях рекламу основных и неосновных (газировка, сладости) продуктов, размещенную их знакомыми, блогерами и брендами. Было обнаружено, что оценка сообщений о еде в сети связана с пищевым поведением — частота просмотра постов с полезными пищевыми продуктами коррелировала с более частым употреблением этих продуктов. Была установлена значительная связь между воздействием контента, который видят участники, и пищевой грамотностью. Подростки, которые меньше сталкивались с воздействием рекламы неосновных продуктов питания в социальных сетях, значительно чаще демонстрировали более высокую пищевую грамотность и сообщали о более высоком потреблении основной пищи и более низком — неосновных пищевых продуктов [4].

В США было проведено схожее исследование, в рамках которого изучали влияние рекламы пищевых продуктов в Instagram на пищевые предпочтения подростков в возрасте 13–17 лет. В ходе исследования подросткам необходимо было определить, какие рекламные объявления исходят из Instagram, а какие — из традиционных источников. Молодые люди правильно идентифицировали рекламу в Instagram в 39,1 % случаев. Далее участники исследования оценивали коммерческие сообщения о продуктах, которые якобы были взяты из Instagram (т. е. на традиционную рекламу были нанесены отличительные знаки Instagram) или традиционных источников. Результаты показали, что подростки предпочитают рекламу из Instagram, считая ее более модной и художественной. Также активные пользователи социальных сетей более позитивно реагировали на рекламу нездоровой пищи и напитков в социальных сетях, чем менее активные пользователи, и чаще отмечали, что, вероятно, ее приобретут [5].

Дополнительным негативным фактором влияния рекламы на здоровье детей является низкая физическая активность, связанная с длительным использованием электронных устройств и побуждением посредством рекламы употреблять нездоровые пищевые продукты. Многие ролики также призывают «перекусить», если наступило чувство легкого голода. Благодаря этому количество приемов пищи увеличивается, а полноценное питание нередко и вовсе заменяется подобными «перекусами».

Указанной проблеме уделяется большое внимание на международном уровне. Всемирной организацией здравоохранения был разработан инструмент мониторинга CLICK: C — Comprehend the digital ecosystem (изучение цифровой экосистемы); L — Landscape of campaigns (систематизация маркетинговых кампаний); I — Investigate exposure (изучение воздействия); S — Capture on-screen (фиксирование содержимого экрана); K — Knowledge sharing (обмен знаниями). Он состоит из пяти этапов и представляет собой информированную оценку степени воздействия интернет-маркетинга нездоровых продуктов с высоким содержанием насыщенных жиров, соли и свободных сахаров, табачных изделий и алкогольной продукции на детей и молодежь.

Платформы социальных сетей используют алгоритмы ранжирования для определения приоритетов и увеличения количества контента, поэтому благодаря более высоким показателям вовлеченности и охвата нездоровой пищи производители рекламы могут следовать указанному тренду и стремиться создавать нездоровые продукты, чтобы оставаться конкурентоспособными.

Следует отметить, что технологические решения, используемые в цифровых СМИ, позволяют обеспечивать индивидуализацию таргетинга коммерческих сообщений, поэтому возможность использовать существующие рекламные технологии, чтобы значительно сократить объемы просматриваемой ребенком рекламы нездоровых продуктов питания, вполне реальна.

Таким образом, современное информационное пространство, в том числе социальные сети, в части продвижения пищевых продуктов с высоким содержанием соли, сахара и жира является важным социальным фактором риска, способствующим формированию нездоровых пищевых привычек у детей. Указанное обуславливает необходимость изучения качественных и количественных характеристик такой рекламы в сети интернет и обоснования на основе полученных результатов способов ее регулирования.

## Литература

1. Ignatius, A. Shaking Things up at Coca-Cola [Electronic resource] / A. Ignatius // Harvard Business Review. — 2011. — October. — Mode of access: <https://hbr.org/2011/10/shaking-things-up-at-coca-cola/>. — Date of access: 09.09.2022.

2. Nutrient Profile Model [Electronic resource] / WHO Regional Office for Europe. — 2015. — Mode of access: [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/270716/Nutrient-children\\_web-new.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/270716/Nutrient-children_web-new.pdf). — Date of access: 09.09.2022.

3. Марчак, Т. А. Влияние телевизионной рекламы на формирование внутреннего мира ребенка / Т. А. Марчак // Сучасна медыясфера: практыка трансфармацыі, тэарэтычнае асэнсаванне, інстытуцыянальныя перспектывы: матэрыялы I Міжнароднага навукава-практ. канф., Мінск, 30 сакавіка 2017 г. / рэдкал.: С. В. Дубовік (адк. рэд.) [і інш.]; БДУ, Інстытут журналістыкі, каф. тэорыі і метадалогіі журналістыкі. — Мінск: Выд. цэнтр БДУ, 2017. — С. 144–150.

4. Food for teens: how social media is associated with adolescent eating outcomes / Y. Qutteina [et al.] // Public Health Nutr. — 2022. — Vol. 25, № 2. — P. 290–302.

5. How Food Marketing on Instagram Shapes Adolescents' Food Preferences: Online Randomized Trial / M. Bragg [et al.] // J Med Internet Res. — 2021. — Vol. 23, № 10. — P. e28689.

Поступила 29.09.2022

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ТРАВЯНЫХ НАПИТКОВ ШИРОКИМ СПЕКТРОМ МИКОТОКСИНОВ

Чалый З. А., *tokka66@bk.ru*,  
Соколов И. Е., *sokolov\_iliya@yahoo.com*,  
Седова И. Б., к. б. н., *isedova@ion.ru*,  
Тутельян В. А., д. м. н., академик РАН, профессор, *tutelyan@ion.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

В последнее время увеличивается интерес к продуктам, являющимся источниками биологически активных веществ (далее — БАВ), к которым относятся чай с добавлением трав и фруктов, травяные напитки или фиточаи. Основная причина интереса к таким продуктам связана с их природным происхождением и высоким содержанием минорных БАВ, благоприятно влияющих на организм человека. Эти травяные напитки содержат множество соединений и играют важную роль в доставке питательных и химических веществ для компенсации низкокачественного рациона [1]. Популярные травяные напитки содержат мяту, чабрец, ромашку, кипрей.

Неблагоприятные экологические и биологические условия (температура, влажность, качество воздуха, насекомые и т. д.) во время выращивания и послепромышленной обработки могут способствовать заражению травяных чаев плесневыми грибами родов *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* или другими грибами, что может привести к загрязнению микотоксинами (далее — МТ) — вторичными метаболитами микроскопических грибов. Плесневые грибы, например, родов *Fusarium*, которые образуются из почвы или самих растений, могут приводить к заражению растительного сырья в поле, а на этапе сбора и сушки их накопление может продолжиться, в то время как токсины, в основном продуцируемые видами *Penicillium* и *Aspergillus*, могут образовываться и накапливаться при хранении. Сушка собранных частей растений для приготовления травяных напитков происходит при температуре до 60 °С в специальных печах, с помощью микроволнового облучения или других методов, которые снижают содержание влаги и позволяют предварительно концентрировать ценные биологически активные вещества. Если учесть, что МТ обладают относительной термостойкостью, то для уменьшения контаминации МТ этого недостаточно [2]. Неблагоприятные условия хранения и транспортировки способствуют росту плесеней, увеличивая риск загрязнения МТ.

В настоящее время большинство исследований посвящено изучению загрязненности МТ пряных и ароматических трав, а также лекарственных средств. Согласно полученным сведениям, в них обнаруживали высокие уровни МТ, в частности, афлатоксинов (далее — АФЛ), а также выявляли фумонизины, дезоксиниваленол (далее — ДОН), токсины Т-2, НТ-2, энниатины (далее — ЭНН) и 15-ацетилДОН, охратоксин А (далее — ОТА), стеригматоцистин (далее — СТЦ), бовирицин (далее — БО) [3, 4]. О контаминации МТ травяных напитков немедицинского назначения имеется ограниченное количество информации. Проведенное нами ранее исследование, посвященное изучению загрязненности МТ различных видов чаев *Camellia sinensis* с добавками трав и без, одно- и многокомпонентных травяных напитков, показало, что наиболее контаминированными из них оказались чай *Camellia sinensis* с добавлением трав и фасованные травяные напитки, состоящие из одной травы или сбора трав [5]. В связи с этим представляется целесообразным продолжить исследование с расширенным составом травяных напитков.

Целью данного исследования было изучение загрязненности МТ 32 образцов травяных напитков (10 однокомпонентных, 22 многокомпонентных) методом ультра высокоэффективной жидкостной хроматографии (далее — УВЭЖХ–МС/МС). Перечень изучаемых МТ включал регламентируемый в чае АФЛ В<sub>1</sub>, регламентируемые в других видах пищевых продуктов — ОТА, ДОН, Т-2, фумонизины В<sub>1</sub> (далее — ФВ<sub>1</sub>) и В<sub>2</sub> (далее — ФВ<sub>2</sub>), зеараленон (далее — ЗЕН), их структурные производные (диацетоксискирпенол (далее — ДАС), Т-2 триол, неосоланиол (далее — НЕОС) — производные Т-2 токсина; 3- и 15-ацетилДОН, ниваленол, фузаренон Х (далее — ФУЗ Х) — производные ДОН; α-зеараленон, β-зеараленон, α-зеараланол, β-зеараланол — производные ЗЕН) и эмерджентные МТ СТЦ, микофеноловую кислоту (далее — МФК), монилиформин (далее — МО), ЭНН А и В, БО, альтернариол (далее — АОН) и его метиловый эфир (далее — АМЭ), альтенуен (далее — АЛТ) и тентоксин (далее — ТЕН).

Для выполнения анализа 5 г измельченного образца растворяли в 25 мл смеси ацетонитрил–вода–муравьиной кислоты (80–20–0,5 об.%), разбавляли и центрифугировали. Хроматографическое разделение МТ проводили на УВЭЖХ колонке Titan C18 (2,1 мм × 100 мм, 1,9 мкм), заполнен-

ной октадедилсиликагелем в режиме градиентного элюирования: подвижная фаза А — 10 % MeOH, 1 mM HCOONH<sub>4</sub>, 0,1 % HCOOH, В — 10 % MeOH, 10 % H<sub>2</sub>O, 80 % MeCN, 1 mM HCOONH<sub>4</sub>, 0,1 % HCOOH. Детектирование МТ осуществляли в режиме динамического мониторинга выбранных переходов с ионизацией электроспреем. Полное время анализа с учетом последующего уравнивания системы в стартовых условиях составило 22 минуты. Количественное определение МТ осуществляли методом внешней калибровки, в качестве калибровочных использовали стандарты «на матрице».

В ходе работы были проанализированы 32 образца травяных напитков, отобранные в торговой сети. Наиболее часто обнаруживаемым МТ в них оказались эмерджентные альтернативные токсины АЛТ и ТЕН, а также АФЛ G<sub>2</sub> (таблица 1). 71 % образцов содержал АЛТ в количестве от 263,9 до 6531,6 мкг/кг; 26 % образцов — ТЕН в количестве от 8,6 до 50,7 мкг/кг и 23 % образцов — АФЛ G<sub>2</sub> в количестве от 202,3 до 913,6 мкг/кг. Относительно часто, свыше 10 % образцов, были загрязнены АФЛ В<sub>2</sub> и G<sub>1</sub>, Т-2, ДОН и МФК, реже выявляли АФЛ В<sub>1</sub>, СТЦ и ДАС. В единичных образцах обнаруживали фузариотоксины Т-2 триол, ЭНН А и В, НЕОС, фумонизины, ацетильные производные ДОН, МО и ФУЗ Х, а также альтернативные токсины АОН и АМЭ.

Следует отметить, что уровни загрязнения фузариотоксинами в отдельных образцах были высокими: по содержанию ФУЗ Х превышали 10 мг/кг; для ЭНН А, ДОН и фумонизинов достигали 2,6; 913 и 670 мкг/кг соответственно. В 13 из 32 образцов было выявлено загрязнение канцерогенными соединениями, АФЛ, их суммарное содержание варьировалось от 4,4 до 182,4 мкг/кг. Чаще обнаруживали АФЛ G<sub>2</sub> и В<sub>2</sub> — в 23 % и 16 % случаев соответственно. Следует отметить, что в трех из 32 проб травяных напитков в количествах, превышающих гигиенический регламент АФЛ В<sub>1</sub> в чаях, — 5 мкг/кг. Также в двух образцах было выявлено высокое содержание метаболического предшественника АФЛ В<sub>1</sub> — СТЦ в количестве 19,3 и 32,8 мкг/кг. Довольно высокие уровни ФВ<sub>1</sub> и ФВ<sub>2</sub> были найдены в единичных образцах напитков: ФВ<sub>2</sub> в двух образцах на уровне 179,5 и 450,0 мкг/кг и ФВ<sub>1</sub> — в одном образце на уровне 670,4 мкг/кг.

Более детальное изучение загрязненности МТ травяных напитков в зависимости от их состава позволило установить загрязнители однокомпонентных травяных напитков: трех образцов из кипрея, по одному — из мяты, ромашки, шалфея, чабреца, гибискуса, рододендрона и татарской гречихи. В образцах татарской гречихи и чабреца МТ не были найдены. В травяном сборе из ромашки был найден ТЕН в количестве 50,7 мкг/кг; в чае из гибискуса — 386,1 мкг/кг Т-2 триола. Обращает на себя внимание выявление высоких концентраций фузариотоксинов ДАС и Т-2 триола — 867,0 и 10 879,4 мкг/кг соответственно в образце напитка из рододендрона. Особого внимания заслуживают травяные напитки из кипрея и шалфея, оба содержали МТ «грибов хранения» на высоких уровнях загрязнения. В напитке из шалфея были найдены 7 МТ: АЛТ в количестве 2,8 мг/кг, 182,4 мкг/кг АФЛ G<sub>1</sub>+G<sub>2</sub>, 19,3 мкг/кг СТЦ, 140,5 мкг/кг ДАС, 34,9 мкг/кг МФК и 40,9 мкг/кг ТЕН. О выявлении высоких содержаний АФЛ и ОТА в шалфее также сообщали Reinholds с соавторами [2]. Во всех трех образцах из кипрея был найден АЛТ на высоких уровнях загрязнения — от 4,2 до 6,5 мг/кг, в каждом из образцов было найдено по одному МТ: 160,1 мкг/кг НЕОС, 1,04 мг/кг МО, 6,9 мкг/кг АФЛ В<sub>1</sub>. Содержание последнего превысило максимально допустимый уровень АФЛ В<sub>1</sub> для чая — 5 мкг/кг, установленный требованиями технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

В одном образце травяного напитка из шиповника и чабреца были выявлены два МТ АФЛ G<sub>1</sub> и АЛТ в количестве 21,6 и 263,9 мкг/кг соответственно.

95 % многокомпонентных травяных напитков были загрязнены двумя и более МТ. В девяти них были найдены АФЛ; их суммарное содержание варьировалось от 4,43 до 69,4 мкг/кг, причем содержание АФЛ В<sub>1</sub>, обнаруженного в двух образцах, превышало гигиенический регламент его содержания в чаях. Источником загрязнения этими токсинами мог оказаться любой из компонентов, входящих в состав сбора. Например, мята входила в состав травяных напитков в 7 из 9 случаев, Melissa — в 6, ромашка — в 5, душица и шалфей — в четырех из них. Alton с соавторами установили, что высушенная ромашка подвергается микробиологической порче в короткие сроки [4]. По их сведениям, в цветках ромашки могут быть обнаружены такие МТ как ОТА, фумонизины, АФЛ, ЗЕН, Т-2, ДОН и цитринин (далее — ЦИТ) [4], причем содержание АФЛ может достигать 161 мкг/кг [3]. Известно также, что в образцах мяты могут встречаться ОТА, АФЛ, ЗЕН, Т-2, ЦИТ и фумонизины [4]. В одном из образцов многокомпонентных травяных напитков, содержащих мяту, Melissa, душицу и др., наряду с ДОН были обнаружены его ацетильные производные. Загрязнение токсином Т-2 было обнаружено в напитках, содержащих ромашку, мяту и ягоды (малину, клубнику или смородину). В четырех образцах травяных напитков было найдено загрязнение МФК от 5 до 34,9 мкг/кг. Источниками загрязнения Т-2 и МФК в этих сборах могли быть не только травы, но и ягоды, входящие в их состав [2].

Таблица 1 — Частота обнаружения и уровни загрязнения МТ образцов травяных напитков

Токсин	Количество контаминированных проб	Диапазоны загрязнения, мкг/кг	Среднее содержание МТ в загрязненных пробах, мкг/кг	Содержание МТ в пробах всего ряда, мкг/кг		
				среднее	медиана	90-й процентиль
АЛТ	22 (71%)	263,9–6531,6	1914,11	1315,90	762,00	3028,82
ТЕН	8 (26%)	8,6–50,7	25,93	6,5	0	25,2
АФЛ G <sub>2</sub>	7 (23%)	4,4–21,6	12,8	2,8	0	12,8
АФЛ B <sub>2</sub>	5 (16%)	6,2–17,7	13,17	2,1	0	6,2
Т-2	5 (16%)	10,2–56,4	29,85	4,7	0	12,3
АФЛ G <sub>1</sub>	4 (13%)	8,0–169,6	63,20	7,9	0	8,0
МФК	4 (13%)	5,0–34,9	21,77	2,7	0	5,0
ДАС	3 (9%)	59,8–897,0	365,75	34,3	0	0
СТЦ	3 (9%)	19,3–32,8	26,07	2,4	0	0
АФЛ B <sub>1</sub>	3 (9%)	6,9–12,9	8,90	0,8	0	0
Т-2 триол	2 (7%)	386,1; 471,7	428,88	26,8	0	0
ЭНН А	2 (7%)	1588,4; 2613,1	2100,75	131,3	0	0
ЭНН В	2 (7%)	15,5; 16,8	16,15	1,0	0	0
НЕОС	2 (7%)	34,2; 160,1	97,19	6,1	0	0
ФВ <sub>2</sub>	2 (7%)	179,5; 450,0	314,8	19,7	0	0
3- и 15-ацДОН	1 (3%)	406,8	406,8	12,7	0	0
ФВ <sub>1</sub>	1 (3%)	670,4	670,4	20,9	0	0
МО	1 (3%)	1040,4	1040,4	32,5	0	0
ФУЗ Х	1 (3%)	10 879,4	340,0	340,0	0	0
АОН	1 (3%)	1535,3	1535,3	48,0	0	0
АМЭ	1 (3%)	840,4	840,4	26,3	0	0
ДОН	5 (16%)	< 1250*	–	–	–	–

\* содержание МТ ниже минимальной определяемой концентрации.

Обращает на себя внимание выявление высоких уровней ЭНН А — 1,6 и 2,6 мг/кг в двух образцах, в составе которых присутствовали гибискус, шиповник, смородина и земляника. Однако источником токсина может быть любой из компонентов травяных напитков, как кипрей, гибискус, календула и чабрец в первом травяном сборе, так и ромашка, мята, Melissa и душица во втором. Только один образец многокомпонентных травяных напитков, содержащий в составе ромашку, душицу, шишки кедра и смородину, был загрязнен тремя из четырех исследованных альтернативных токсинов АОН, АМЭ и АЛТ на высоких уровнях — 1,5, 0,8 и 2,4 мг/кг соответственно.

По результатам полученных исследований можно сделать вывод, что наиболее частыми загрязнителями чайных травяных напитков являются эмерджентные альтернативные токсины: АЛТ, содержание которого может достигать нескольких мг/кг, и ТЕН, а также МТ «грибов хранения» АФЛ G<sub>2</sub> и другие АФЛ. Выявление высоких уровней загрязнения АФЛ в 11 из 32 образцов и СТЦ в двух образцах свидетельствует о потенциальном риске для здоровья населения, связанном с поступлением при употреблении чайных травяных напитков этих токсинов, обладающих канцерогенными свойствами. Формально 29 из 32 изученных чаев соответствовали требованиям гигиенического регламента по содержанию АФЛ B<sub>1</sub>, однако суммарное содержание АФЛ было значительно выше установленного регламента. Совместное присутствие ряда МТ, их регулярное поступление могут привести к риску хронической интоксикации.

Полученные данные об обнаружении МТ в травяных напитках свидетельствуют о потенциальном риске для здоровья человека, что делает необходимым их мониторинг и регламентирование.

*Работа поддержана грантом РФФИ 18–16–00077–П «Эмерджентные микотоксины в пищевых продуктах растительного происхождения: разработка методов анализа, изучение контаминации, видовая характеристика микромицетов — продуцентов, разработка гигиенических нормативов».*

## Литература

1. Herbal Teas and their Health Benefits: A Scoping Review / F.S. Poswal [et al.] // Plant Foods for Human Nutrition. — 2019. — Vol. 74, № 3. — P. 266–276.
2. Mycotoxins in herbal teas marketed in Latvia and dietary exposure assessment / I. Reinholds [et al.] // Food additives & contaminants. Part B, Surveillance. — 2019. — Vol. 12, № 3. — P. 199–208.
3. Screening of mycotoxin multicontamination in medicinal and aromatic herbs sampled in Spain / L. Santos [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. — 2009. — Vol. 89, № 10. — P. 1802–1807.
4. *Ałtyn, I.* Mycotoxin Contamination Concerns of Herbs and Medicinal Plants / I. Ałtyn, M. Twarużek // Toxins (Basel). — 2020. — Vol. 12, № 3. — P. 182.
5. Изучение загрязненности чая и чайных травяных напитков микотоксинами (Сообщение 2) / М.Г. Киселева [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2020. — № 1. — С. 38–51.

Поступила 09.09.2022

## СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВКАХ К ПИЩЕ ИЗ ПАНТОВ И КРОВИ МАРАЛА: ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ МАРКИРОВКЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

*Чаховский П. А., к. б. н., spectrometric@rspch.by,  
Зайцев В. А., к. м. н., доцент, spectrometric@rspch.by,  
Черник Д. В., spectrometric@rspch.by,  
Кузовкова А. А., к. б. н., zav-lsi@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Одной из главных причин возрастающей востребованности в биологически активных добавках к пище (далее — БАД) является недостаток биологически активных веществ (далее — БАВ): витаминов, минеральных веществ и т. д. в пищевом рационе современного человека. С целью коррекции питания, поддержания и укрепления здоровья, нормализации обменных процессов в организме человека и создания условий для активного долголетия необходима рационализация питания для каждого конкретного человека с учетом его физиологических потребностей и энергозатрат. БАД являются важнейшими инструментами оптимизации питания и укрепления здоровья.

В настоящее время накоплен обширный фактический материал, свидетельствующий о высокой эффективности использования БАД в коррекции питания. Однако БАД не являются лекарством, и их следует рассматривать как отдельную группу пищевой продукции с указанными направлениями использования. Появление на рынке новых препаратов БАД диктует необходимость их контроля, дифференцированной оценки и характеристики. По мере накопления научных фактов о биологической роли отдельных химических элементов и уровнях обеспеченности ими населения число макро- и микроэлементов, включаемых в БАД, постоянно возрастает. В последние годы ведущие компании мира расширяют производство сложных комплексных витаминно-минеральных БАД, в которые наряду с витаминами включены многие эссенциальные минеральные вещества и микроэлементы в высокоусвояемых формах.

Панты марала — нетрадиционный источник БАВ для жителей Республики Беларусь, вследствие этого актуальным является определение качества и безопасности новых БАД, изготовленных из пантов и крови марала, на основании результатов их санитарно-гигиенических исследований.

Панты марала — это молодые, растущие, неокостеневшие рога пятнистого оленя (марала, изюбра). Рога оленей имеют сложный химический состав. В их золе обнаружены кальций, магний, железо, кремний, фосфор, натрий, калий, в малых количествах — никель, медь, титан, марганец, олово, свинец, барий. Из пантов выделено 25 различных аминокислот, из которых 38 % составляют глицин, пролин и глютаминовая кислота [1]. Панты содержат пептиды, большое количество липидов (жиров), в состав которых входят фосфатиды, холестерин и эфиры холестерина. Лекарственные средства из пантов марала применяют в качестве тонизирующих средств при переутомлении, неврозах, неврастении, астенических состояниях, после острых инфекционных заболеваний, при слабости сердечной мышцы, артериальной гипотензии.

Целью работы является оценка содержания макро- и микроэлементов в БАД на основе пантов и крови марала для оценки их соответствия маркировке и безопасности потребления.

Объектами исследований являлись БАД из пантов марала в виде капсул и слайсов и БАД из крови марала в виде сухого пантогематогена, позиционированные как дополнительные источники макро- и микроэлементов.

Содержание макро- и микроэлементов оценивали методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после минерализации образцов в автоклаве (таблицы 1–3).

Согласно Приложению 5 к Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (далее — ТР ТС 022/2011) БАД могут маркироваться как источник минеральных веществ, если содержание данных веществ в них составляет не менее 15 % средней суточной потребности взрослого человека в минеральных веществах на одну порцию пищевой продукции.

Таблица 1 — Содержание БАВ в рекомендуемой суточной дозе БАД из пантов марала в виде капсул и гигиеническая оценка данных значений в отношении потребления лицами старше 18 лет

Наименование активного компонента БАД	Содержание в суточной дозе (5 капсул)	Процент от адекватного уровня потребления*	Верхний допустимый уровень потребления в сутки*	Процент от РУСП**
Кальций ( $\pm 14,9\%$ )	172,35 мг	42 %	2500 мг	17 %
Фосфор ( $\pm 14,2\%$ )	85,75 мг	10,7 %	1600 мг	11 %
Железо ( $\pm 13\%$ )	1,765 мг	57 % для женщин; 18 % для мужчин	40 мг для женщин; 20 мг для мужчин	13 %

\* величины адекватного и верхнего допустимого уровней суточного потребления по приложению 5 к Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утвержденным Решением Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 (далее — приложение 5 ЕСТ);

\*\* процент от величины суточного потребления по ТР ТС 022/2011.

Таблица 2 — Содержание БАВ в рекомендуемой суточной дозе БАД из пантов марала в виде слайсов и гигиеническая оценка данных значений в отношении лиц старше 18 лет

Наименование активного компонента БАД	Содержание в суточной дозе (3 г)	Процент от адекватного уровня потребления*	Верхний допустимый уровень потребления в сутки*	Процент от РУСП**
Кальций	420,12 мг	42 %	2500 мг	42 %
Фосфор	218,91 мг	27 %	1600 мг	27 %

\* величины адекватного и верхнего допустимого уровней суточного потребления по приложению 5 ЕСТ;

\*\* процент от величины суточного потребления по ТР ТС 022/2011.

Таблица 3 — Содержание БАВ в рекомендуемой суточной дозе БАД из крови марала в виде пантогематогена и гигиеническая оценка данных значений в отношении лиц старше 18 лет

Наименование активного компонента БАД	Содержание в суточной дозе (4 капсулы)	Процент от адекватного уровня потребления*	Верхний допустимый уровень потребления в сутки*	Процент от РУСП**
Железо	4,3 мг	24 % для женщин; 43 % для мужчин	40 мг для женщин; 20 мг для мужчин	31 %

\* величины адекватного и верхнего допустимого уровней суточного потребления по приложению 5 ЕСТ;

\*\* процент от величины суточного потребления по ТР ТС 022/2011.

Как показали расчеты, содержание фосфора в суточной дозе БАД в виде капсул составляет всего 11 %, железа — 13 % от рекомендуемого уровня суточного потребления (далее — РУСП), установленного в ТР ТС 022/2011, что недостаточно, чтобы позиционировать БАД из пантов марала как источник фосфора и железа. Данная БАД может позиционироваться только как источник кальция, по-

сколькx содержание указанного макроэлемента в суточной дозе составляет 17 % от РУСП, рекомендованного в ТР ТС 022/2011.

БАД в виде слайсов при суточной дозировке в 3 г может рассматриваться как источник кальция и фосфора для взрослых, поскольку их содержание в 3 г БАД превышает 15 % от РУСП, указанного в ТР ТС 022/2011.

БАД в виде пантогематогена при суточной дозировке в 4 капсулы также может рассматриваться как источник железа для взрослых, поскольку его содержание в 4 капсулах БАД превышает 15 % от РУСП, указанного в ТР ТС 022/2011.

Эффекты многих химических элементов обладают сходством и взаимозаменяемостью, а их иммуностропное действие зависит от дозы и времени экспозиции. Дисбаланс химических элементов часто служит отправной точкой либо сопутствует развитию патологии. Заболевания, вызванные микроэлементами, отличаются агрессивностью и системностью поражений, рефрактерностью к традиционному лечению, склонностью к прогрессированию и связью с бытовым или профессиональным анамнезом [2–4].

Избыточное поступление в организм человека не только кадмия, свинца, ртути, но и таких микроэлементов как железо, цинк, медь, марганец, селен приводит к снижению иммунитета, а также к появлению врожденных пороков развития, заболеваний, склонных к хроническому течению, отставанию в умственном и физическом развитии [4, 5].

Для оценки величины суточного потребления БАВ в составе БАД используются величины адекватного и верхнего допустимого уровней потребления, установленные в приложении 5 ЕСТ.

При гигиенической оценке значений содержания минеральных веществ в максимальной суточной дозе БАД из пантов марала в виде капсул (таблица 1) показано, что содержание кальция составляет 42,0 %, фосфора — 10,7 % от адекватных уровней суточного потребления, железа — 57,0 % от адекватного уровня суточного потребления, установленного для женщин, и 18,0 % от адекватного уровня суточного потребления, установленного для мужчин. Данные величины не превышают верхних допустимых уровней потребления в сутки кальция, фосфора и железа, установленных в приложении 5 ЕСТ.

Гигиеническая оценка значений содержания минеральных веществ в максимальной суточной дозе БАД из пантов марала в виде слайсов (таблица 2) показала, что содержание кальция составляет 42,0 %, фосфора — 27,0 % от адекватных уровней суточного потребления. Данные величины не превышают верхних допустимых уровней потребления в сутки кальция и фосфора.

Гигиеническая оценка значений содержания железа в максимальной суточной дозе БАД из крови марала в виде пантогематогена составляет (таблица 3) 24,0 % от адекватного уровня суточного потребления, установленного для женщин, и 43,0 % от адекватного уровня суточного потребления, установленного для мужчин. Данные величины не превышают верхнего допустимого уровня потребления в сутки железа, установленного как для женщин, так и для мужчин.

Таким образом, показано, что по содержанию макро- и микроэлементов в суточной дозе потребления исследованные БАД на основе пантов и крови марала соответствуют требованиям ЕСТ и ТР ТС 022/2011 и могут быть ценными источниками макро- и микроэлементов, в частности кальция, фосфора и железа.

## Литература

1. Коноплева, М.М. Лекарственное сырье животного происхождения и природные продукты / М.М. Коноплева // Вестник фармации. — 2012. — № 1 (55). — С. 74–82.
2. Транковская, Л.В. Роль дисбаланса химических элементов в формировании нарушений здоровья детей: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.09; 14.00.07 / Л.В. Транковская. — Владивосток, 2004. — 47 с.
3. Концентрация микроэлементов в системе «мать-плацента-плод» на территориях с различным уровнем антропогенной нагрузки / Е.К. Артемьева [и др.] // Микроэлементы в медицине. — 2004. — Т. 5, № 4. — С. 1–3.
4. Микроэлементозы человека: (этиология, классификация, органопатология) / А.П. Авцын [и др.]. — М.: Медицина, 1991. — 342 с.
5. Determination of Heavy Metals Concentration in Traditional Herbs Commonly Consumed in the United Arab Emirates / R. Dghaim [et al.] // Journal of Environmental and Public Health. — 2015. — Vol. 2015. — Art. 973 878.

Поступила 08.09.2022

## Раздел 5

# ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. ТЕЗИСЫ

### ФТАЛАТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

<sup>1</sup>Бебых В.П., к.м.н., доцент, vladbebih1952@gmail.com,

<sup>2</sup>Лазакович Д.В., д.х.н., dlazakowich@outlook.com,

<sup>1</sup>Берник И.П., к.м.н., доцент, vladimir.bernic@ansp.gov.md

<sup>1</sup>Национальное Агентство Общественного Здоровья, г. Кишинев, Республика Молдова;

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Центральная испытательная лаборатория алкогольных/безалкогольных напитков и консервированных продуктов», г. Кишинев, Республика Молдова

Молоко считается одним из основных продуктов питания человека, содержит аминокислоты, белки, витамины, жирные кислоты, лактозу, минералы, необходимые для организма. На потребительском рынке Молдовы широко представлены молочные продукты, упакованные в мягкие полиэтиленовые пакеты и тетрапаки, состоящие из нескольких слоев разных материалов, внутренний слой — из полиэтилена. Для изготовления данных упаковок используют полиэтилен низкой плотности, который содержит ряд пластификаторов, в том числе фталевые, фосфатные, полиэфирные и другие. При хранении продуктов питания в пластиковых упаковках химические вещества, такие как фталаты, бисфенол А, могут мигрировать из материалов упаковки в пищевой продукт.

Как известно, фталаты нарушают работу эндокринной системы и особенно опасны в уязвимые периоды развития организма. Многие исследования показали, что более десятка фталатов и их метаболитов, пассивно попадающих в организм человека из окружающей среды, продуктов питания, напитков, воздуха и бытовых товаров, вызывают нарушения обмена веществ, репродуктивной и нейрорегуляторной функций, возможны аллергические заболевания. Токсичность фталатов во многом определяется хроническим воздействием на различные системы организма. Длительное поступление фталатов в организм из продуктов питания, упакованных в полимерную упаковку, может вызвать хронические заболевания. Поэтому крайне важно оценивать и контролировать содержание фталатов в молочных продуктах.

Цель исследования состояла в определении фталатов в молочной продукции, упакованной в мягкие полиэтиленовые пакеты и тетрапаки, и в гигиенической оценке содержания выявленных фталатов в пробах молочных продуктов.

Количественное содержание эфиров *o*-фталевой кислоты в образцах молочных продуктов определяли методом хромато-масс-спектрометрии с использованием газового хроматографа ГХМС Shimadzu GCMS-QP2010SE, оснащенного автосамплером/автоинжектором Combi PAL CTC Analytics AOC-5000. Для проведения исследований использовались химические реактивы, в которых содержание фталатов на порядок ниже предела количественного определения. Фоновая концентрация фталатов в холостых пробах воздуха лаборатории равна нулю.

Расчет средней суточной дозы выявленных фталатов проводили по стандартной формуле при возможном поступлении фталатов с молочными продуктами. При расчете принималось, что уровень потребления молока и молочных продуктов в Молдове составлял в среднем за год 249,26 кг на человека (статистические данные за 2019 г.).

Из семи отслеживаемых фталатов в рассмотренных образцах молочной продукции (молоко 2,5% и 3,2% жирности, кефир 1,0% и 2,5% жирности от 4-х разных производителей) обнаружены два: дибутилфталат (далее — ДБФ) и бис(2-этилгексил)фталат (далее — БЭГФ). Исследования показали, что все пробы молочных продуктов содержат хотя бы один из вышеуказанных двух фталатов. Средняя концентрация дибутилфталата варьировалась от 0 мг/л в пробах молока 3,2% жирности и кефира 1,0% жирности от производителя «В» до 0,54 мг/л в пробах молока 2,5% жирности от производителя «А». В остальных пробах молочной продукции средняя концентрация ДБФ варьировалась от 0,02 мг/л до 0,09 мг/л. Бис(2-этилгексил)фталат был выявлен в концентрации 0,03 мг/л и 0,04 мг/л соответственно в пробах молока 2,5% жирности и в пробах кефира 1,0% жирности от производителя «А». Максимальная концентрация БЭГФ составляла 0,96 мг/л и 1,04 мг/л соответственно в пробах молока 2,5% и 3,2% жирности от производителей «А» и «В».

Расчеты средней суточной дозы фталатов выявили наибольшее значение дозы ДБФ и БЭГФ при поступлении их с молоком 2,5 % жирности, упакованным в полиэтиленовый пакет, — 0,014 мг/кг массы тела в сутки. В остальных пробах молочной продукции значение средней суточной дозы фталатов варьировалось от 0,0005 до 0,0061 мг/кг массы тела в сутки.

В соответствии с техническим регламентом Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» тара, контактирующая с пищевой продукцией, не должна выделять в контактирующие с ней среды вредные для здоровья человека вещества в количествах, превышающих предельно допустимые количества миграции химических веществ (далее — ДКМ). При использовании тары из полимерных материалов ДКМ для диоктилфталата не должны превышать 2 мг/л, для ДБФ — не допускается.

Оценка риска для здоровья, формируемого поступлением фталатов в организм с исследованными молочными продуктами, при сравнении среднего суточного поступления отдельных выявленных фталатов с рекомендуемыми референтными дозами при хроническом пероральном поступлении показала, что превышений допустимых уровней риска не установлено.

Необходимо отметить тот факт, что фталаты были выявлены нами в пробах готовой молочной продукции, упакованной на заводах в мягкие полиэтиленовые пакеты и тетрапаки и реализуемой в торговой сети. Нами не были исследованы на содержание фталатов как исходное сырье (молоко), так и упаковки. Мы не можем утверждать, на каком из этапов технологического процесса, в том числе корма, вода, ветеринарные препараты и др., фталаты попали в молочную продукцию.

Необходимо учитывать кумулятивное воздействие на организм человека в повседневной жизни и других химических веществ. Фталаты не единственные причины возникновения или прогрессирования патологий, но они могут быть дополнительными факторами риска вместе с другими загрязнителями окружающей среды.

Таким образом, в результате выполненных исследований образцов молочной продукции, упакованной в мягкие полиэтиленовые пакеты и тетрапаки, обнаружено присутствие двух фталатов — дибутилфталата и бис(2-этилгексил)фталата. Дибутилфталат выявлен в 71,4 % исследованных проб, бис(2-этилгексил)фталат — в 100 % проб. Величины среднего суточного поступления фталатов с рекомендуемыми референтными дозами не превышают допустимые значения, что свидетельствует о приемлемом риске здоровью населения при употреблении исследованной молочной продукции.

*Тезисы написаны по инициативе авторов за счет финансирования Проекта 20.80009.8007.35 «Оценка риска для здоровья населения от воздействия приоритетных химических веществ в Республике Молдова».*

Поступила 17.08.2022

## **ВОЗРАСТНЫЕ И ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ТЕЛА ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА**

*Борисевич Я.Н., к.м.н., доцент, borisevichyn@bsmu.by*

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

Статус питания — это состояние здоровья человека, сложившееся под влиянием предшествующего питания с учетом генетически детерминированных особенностей метаболизма питательных веществ. Адекватное физиологическим потребностям организма сбалансированное питание является одним из главных факторов окружающей среды, формирующих здоровье человека и способствующих профилактике болезней. Рациональному питанию отводится важная роль в медицинском обеспечении спортивной деятельности. Рационализация рациона питания атлета за счет потребления с пищей оптимального количества энергии и нутриентов обеспечивает физиологичный подход к сохранению и укреплению здоровья, восстановлению после тяжелых физических нагрузок. Особенно актуальными являются вопросы гигиены питания у детей и подростков, вовлеченных в детско-юношеский спорт.

При организации питания спортсменов в ходе определения величины суточных энергозатрат следует учитывать состав тела, поскольку регулярная систематическая физическая активность способствует повышению уровня метаболизма за счет снижения величины жирового компонента массы тела и увеличению тощей массы тела. У людей атлетического телосложения уровень базального метаболизма, напрямую обуславливающий величину суточных энергозатрат, выше на 5 % по сравнению с таковым у людей, не занимающихся спортом. Поэтому состав тела, в частности, доля жировой

массы тела является одним из важнейших показателей статуса питания, свидетельствующих о соответствии энергетической ценности среднесуточного рациона питания величине суточных энергетических затрат человека. Кроме того, доля жировой массы тела дополнительно указывает на адекватность уровня физической работоспособности организма атлета тяжести физических нагрузок.

По данным литературы, доля жирового компонента тела спортсменов варьируется в широком диапазоне — от 5 до 28%. У спортсменов игровых видов спорта данный показатель составляет от 7 до 15%. Считается, что минимальная величина доли жировой массы тела у юных спортсменов в возрасте до 16 лет не должна быть ниже 7%. Снижение данного показателя до 5–6% свидетельствует о физическом переутомлении.

Цель работы — определить величину доли жировой массы тела юных спортсменов игровых видов спорта на примере футболистов. Объектом исследования являлись 173 спортсмена мужского пола в возрасте 13–16 лет и 56 — женского в возрасте 14–18 лет, систематически занимающихся футболом в училищах олимпийского резерва и входящих в сборные команды. Определение доли жировой массы тела осуществлялось методом биоимпедансометрии с помощью анализатора состава тела «Танита-413». Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием методов описательной статистики в приложении Microsoft Excel.

В результате исследований установлены величины доли жировой массы тела юных футболистов в возрастных и половых группах. Данный показатель у ребят в возрасте 13 лет ( $n=22$ ) составил (медиана; интерквартильный размах) 14,8 (11,6–15,9)%. У спортсменов 14 лет ( $n=58$ ) доля жировой массы тела составила 14,9 (12,7–17,4)%. У юных футболистов 15 лет ( $n=62$ ) доля жировой массы тела — 14,0 (13,0–16,4)%. У футболистов-юношей в возрасте 16 лет ( $n=31$ ) этот показатель составил 14,4 (13,3–15,3)% от массы тела. Нормальные значения доли жировой массы тела у мальчиков в возрасте 13 лет составляют от 12 до 22%, а в 16 лет — 10–19%.

У юных футболисток в возрасте 15 лет ( $n=14$ ) доля жировой массы составила 22,6 (21,5–26,2)%. Среди девушек в возрасте 16 лет ( $n=22$ ) данный параметр составил 23,4 (21,7–26,8)%, а в возрасте 17 лет ( $n=16$ ) — 24,0 (23,2–25,0)%. У 18-летних футболисток ( $n=4$ ) доля жировой массы составила 23,6 (22,5–25,4)%. Нормальные значения доли жировой массы тела у девочек в возрасте 14–17 лет составляют от 16 до 29%.

Таким образом, в результате исследования установлено, что медианные значения доли жировой массы у юных футболистов мужского пола находятся в диапазоне 14,0–14,9%, женского пола — 22,6–24,0%. Полученные данные свидетельствуют об адекватности энергетической ценности среднесуточных рационов питания спортсменов-футболистов величинам суточных затрат энергии. Имеющиеся различия в величине доли жировой массы тела у спортсменов мужского и женского пола объясняются тем, что они детерминированы генетически. Следует отметить, что полученные результаты могут найти применение в практике при гигиенической оценке статуса питания юных спортсменов и разработке методов его коррекции.

Поступила 05.09.2022

## **ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И МЕТОДАХ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ АЛЛЕРГЕНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Дурманова С. А., pitanie\_f@rspch.by,  
Цемборевич Н. В., к. м. н., pitanie\_f@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Пищевая аллергия широко распространена в различных регионах мира. У лиц, подверженных пищевым аллергиям, соответствующие симптомы появляются в результате употребления в пищу продуктов, которые для подавляющего большинства населения являются частью здорового рациона. Поэтому на всех стадиях жизненного цикла пищевой продукции изготовителями должно реализовываться управление пищевыми ингредиентами, обладающими аллергенными свойствами или вызывающими непереносимость. На предприятиях по производству пищевой продукции крайне важным является предотвращение кросс-контаминации готовой продукции аллергенами или ингредиентами, вызывающими непереносимость. Необходимо проводить оценку вероятности пере-

крестной контаминации аллергенами на каждом этапе процесса производства пищевых продуктов, начиная с входного контроля сырья до продажи готовой продукции.

Для целей разработки программ по минимизации непредумышленного попадания аллергенов в продукты питания на предприятиях пищевой промышленности на республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» был разработан алгоритм лабораторного контроля содержания в пищевой продукции и технологическом окружении приоритетных аллергенов в процессе производства специализированной пищевой продукции (далее — Алгоритм), включающий анализ состава пищевой продукции, оценку вероятности перекрестной контаминации пищевой продукции аллергенами в процессе ее производства, анализ необходимости контроля наличия аллергенов в пищевой продукции и на поверхностях объектов среды технологического окружения, лабораторные исследования на наличие аллергенов в пищевой продукции и на поверхностях объектов среды технологического окружения, обоснование необходимости дополнительной оценки программы производственного контроля, эффективности процесса деконтаминации пищевой продукции, вынесения на маркировку пищевой продукции информации о непреднамеренной контаминации аллергенами, оценку возможности вынесения на маркировку информации об отсутствии аллергенов в пищевой продукции, в том числе об отнесении пищевой продукции к гипоаллергенной. Объектами лабораторного контроля являются пищевая продукция и ее компоненты, объекты среды технологического окружения.

При организации лабораторного контроля для определения критических контрольных точек составляется перечень аллергенов и содержащей их пищевой продукции, проводится анализ производственного процесса, определяются технологические этапы и операции, которые представляют риск перекрестной контаминации аллергенами, оценивается уровень риска.

При оценке вероятности перекрестной контаминации пищевой продукции аллергенами учитываются использование при производстве пищевой продукции компонентов, обладающих аллергенными свойствами или вызывающих непереносимость; разработка и реализация требований к контролю содержания аллергенов в поставляемых компонентах пищевой продукции и их маркировке в части содержания аллергенов; обеспечение отдельного хранения компонентов пищевой продукции, содержащих и не содержащих аллергены; использование общих технологических линий для производства пищевой продукции, содержащей аллергены, и гипоаллергенной пищевой продукции; реализация процедур очистки помещений, оборудования, инвентаря, спецодежды от остаточных количеств аллергенов; эффективность программы производственного контроля в части управления аллергенами, в том числе ее лабораторное подтверждение; уровень знаний работников объектов промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции в области рисков для здоровья, ассоциированных с аллергенами, и мер по управлению риском.

Согласно разработанному Алгоритму для контроля содержания аллергенов в пищевой продукции и среде технологического окружения используются физико-химические методы анализа (титриметрический, высокоэффективной газовой хроматографии с диодно-матричным детектированием, высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием), метод иммуноферментного анализа, метод полимеразной цепной реакции.

Выбор метода контроля содержания приоритетных аллергенов в пищевой продукции и среде технологического окружения зависит от природы аллергена и его физико-химических свойств.

Разработанные подходы к организации лабораторного контроля содержания приоритетных аллергенов при производстве пищевой продукции направлены на профилактику заболеваний населения, ассоциированных с непереносимостью отдельных видов пищевой продукции, и могут использоваться при оценке обоснованности маркируемой информации об отнесении продукции к гипоаллергенной, а также при оценке эффективности программ производственного контроля на объектах промышленности по переработке сельскохозяйственной продукции, продовольственного сырья и производству пищевой продукции, в том числе специализированной.

Поступила 18.10.2022

## ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И СОСТАВА ТЕЛА ДЕТЕЙ С ТЯЖЕЛОЙ ФОРМОЙ АТОПИЧЕСКОГО ДЕРМАТИТА И ПИЩЕВОЙ АЛЛЕРГИЕЙ

Емельяшенков Е.Е., [dkswdsman@mail.ru](mailto:dkswdsman@mail.ru),  
Макарова С.Г., д.м.н., [sm27@yandex.ru](mailto:sm27@yandex.ru)

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Одними из самых частых триггеров обострения атопического дерматита (далее — АтД) являются пищевые аллергены, что требует назначения элиминационной диеты. Однако при несбалансированном ее составе это может отрицательно сказаться на физическом развитии детей и течении АтД. При этом оценка компонентного состава тела является общепризнанным методом, позволяющим проводить контроль эффективности диетологических мероприятий.

Цель работы — оценить показатели физического развития и компонентного состава тела детей с тяжелой формой АтД и коморбидной пищевой аллергией.

Обследованы 74 ребенка с тяжелой формой АтД и пищевой аллергией в возрасте от 5 до 17 лет 11 месяцев (медиана 147 [107; 176] месяцев). Проанализированы данные анамнеза, антропометрические показатели (программа AnthroPlus) и результаты биоимпедансного анализа.

У 18 (24,2%) пациентов выявлена белково-энергетическая недостаточность легкой, у 6 (8,1%) — средней и у 3 (4%) — тяжелой степени. Обнаружена отрицательная корреляция между возрастом детей и количеством исключенных групп продуктов ( $r = -0,36$ ;  $p = 0,01$ ). Не было выявлено корреляции между антропометрическими показателями, числом исключенных из рациона групп продуктов или длительностью АтД. При анализе показателей биоимпедансометрии были отмечены снижение жировой массы (далее — ЖМ) у 33,8% детей, тощей массы — у 17,3%, активной клеточной массы (далее — АКМ) — у 21,2%, удельного основного обмена — у 35,2% и фазового угла (далее — ФГ) — у 30,3%, при этом у 12,1% детей отмечалось одновременное снижение всех этих показателей. Снижение этих показателей может трактоваться как признак нарушения метаболизма, что может быть связано с несбалансированным рационом, в частности, относительным дефицитом белка в рационе. Снижение показателя общего объема внеклеточной жидкости отмечалось у 21,2% и 36,6% детей соответственно, что говорит о несоблюдении питьевого режима. У детей, находившихся на безмолочной диете, пониженные ЖМ, АКМ и ФГ встречались чаще, чем у детей, получавших молоко и молочные продукты, на 24,5% ( $p = 0,0230$ ), 18,9% ( $p = 0,048$ ) и 25,6% ( $p = 0,041$ ) соответственно. Была установлена отрицательная корреляция между АКМ и продолжительностью заболевания ( $r = 0,451$ ;  $p = 0,013$ ), АКМ и числом исключенных продуктов ( $r = 0,285$ ;  $p = 0,045$ ) и ФГ и числом исключенных продуктов ( $r = 0,187$ ;  $p = 0,03$ ).

У детей с АтД и коморбидной пищевой аллергией с высокой частотой выявляется снижение нутритивного статуса, чаще — при соблюдении безмолочной диеты. При назначении диеты с исключением нескольких групп продуктов дети нуждаются в более пристальном внимании педиатров и консультации диетологов. Биоимпедансометрия эффективна для выявления недостаточного потребления белка, нарушения питьевого режима, что позволяет персонализировать подход к диетологическому сопровождению пациентов с АтД.

Поступила 05.09.2022

## ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЛЮДЕЙ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Каплиева М.П., к.м.н., доцент, [kapliyeva@mail.ru](mailto:kapliyeva@mail.ru)

Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

За последние два десятилетия в Республике Беларусь отмечается значительный рост численности людей с избыточной массой тела и ожирением, что осложняется сахарным диабетом типа 2. В генезе этой социальной проблемы играют роль два важнейших фактора: гиподинамия и алиментарный дисбаланс.

Нами изучены особенности питания людей с избыточной массой тела с целью оптимизации на основе физиологических гигиенических позиций.

Избыточная масса тела оценивалась по общепринятому индексу массы тела (далее — ИМТ) Кеттле. Под наблюдением в эндокринологическом отделении находились 56 человек с повышенным ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup>, а группу контроля составили 17 человек с нормальным фенотипом (ИМТ 20–24,9 кг/м<sup>2</sup>). У всех пациентов был сахарный диабет тип 2, поэтому в стационаре они получали диету «Д».

При изучении методом наблюдения и опроса выявлены следующие особенности у людей с избыточной массой тела во время основных приемов пищи:

1) значительная скорость съедания порции пищи с малым ее пережевыванием в сравнении с контрольными пациентами;

2) потребление хлеба в среднем в 2 раза больше, чем у людей с нормальным фенотипом;

3) дополнительное добавление соли в пищу значительно чаще наблюдалось у людей с избыточной массой тела: 28 человек (50%) из группы наблюдения досаливали все блюда против 4 (23,5%) из группы контроля;

4) для промежуточных перекусов (закусок) пациенты с избыточной массой тела использовали печенье или белый батон, реже фрукты, а в группе контроля чаще употребляли фрукты.

Полученные данные будут использованы при обучении пациентов в школах сахарного диабета, где они получают знания по нутриентному составу пищи и кратности питания с расчетом углеводных единиц. Для внедрения полученных результатов будут составлены буклеты для пациентов и видеоматериалы для врачей общей практики и терапевтов, наблюдающих пациентов с избыточной массой тела и ожирением, а также эндокринологов и специалистов, обучающих пациентов в школах сахарного диабета.

Поступила 06.09.2022

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОТОНИЧЕСКИХ НАПИТКОВ ХОККЕИСТАМИ

<sup>1,2</sup>Кобелькова И.В., к.м.н., [kobelkova@ion.ru](mailto:kobelkova@ion.ru),

<sup>1,3</sup>Коростелева М.М., к.м.н., [korostel@bk.ru](mailto:korostel@bk.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия

Хоккей с шайбой на льду — это высокоинтенсивный игровой вид спорта, тренировки и соревнования проходят в условиях низких температур и сухого воздуха, что ведет к увеличению потери жидкости. Дефицит 2 % массы тела за счет воды снижает работоспособность на 3–7 %, а потеря 9–12 % приводит к летальному исходу. В связи с этим представлялось актуальным изучить потребление изотонических напитков до, во время и после тренировки хоккеистов.

Состояние оптимальной гидратации перед тренировкой имеет первостепенное значение, а регидратация после физической нагрузки — важная составляющая процесса восстановления спортсменов. Обследовано 24 спортсмена спортивного клуба по хоккею на льду (средний возраст 26,4 ± 7,4 года) в период проведения сборов в УТЦ «Новогорск» в августе 2022 г. Тренировочный процесс состоял из двух тренировок на льду продолжительностью 1,5 ч каждая. Частота и размер суточного потребления специализированных и традиционных напитков до, во время и после каждой из тренировок были изучены с помощью специально разработанной анкеты. Протокол исследования был одобрен комитетом по этике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (№ 1 от 22.12.2019). Обработку данных выполняли с использованием программы SPSS 20.

Для удовлетворения жажды спортсмены использовали питьевую воду, чай, кофе. При этом 50 % опрошенных регулярно употребляли специализированные пищевые продукты (далее — СПП) для

питания спортсменов, в частности изотонические напитки. Хоккеисты были разделены на 2 группы (1-я принимала СПП, 2-я не принимала СПП) для оценки особенностей питьевого режима.

Установлено, что количество выпиваемой питьевой воды в течение двух тренировок в группе, не принимавшей изотонические напитки, было выше, чем в 1-й группе, и составило  $1563 \pm 1823$  мл и  $1075 \pm 1381$  мл соответственно. Однако за счет приема изотонического напитка ( $1968 \pm 271$  мл) суммарное потребление всех видов жидкости в 1-й группе оказалось выше —  $3286 \pm 1699$  мл. Дополнительный прием изотоника обеспечивал поступление не только воды и макроэлементов, но и до 56 г углеводов, представленных фруктозой, декстрозой и мальтодекстрином, что должно было позволить сохранять высокую работоспособность во время нагрузок и ускорить посттренировочное восстановление, оказать позитивное влияние на адаптационный потенциал. Кроме того, поступление витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub> (по 2,2 мг), С (128 мг) и фолиевой кислоты (400 мг) в составе данного продукта, без учета их содержания в базовом рационе питания и других СПП, уже находилось на уровне физиологической потребности и даже несколько выше него для людей, имеющих энерготраты 2300 ккал/сут, но не превышало верхний допустимый уровень потребления.

Прием СПП для питания спортсменов, в том числе изотонических напитков, является одним из подходов к обеспечению водно-солевого баланса и повышению физической работоспособности. Однако необходимо учитывать суммарное содержание всех пищевых веществ, особо обращая внимание на витамины, как в разовой порции, так и суточном количестве из всех специализированных пищевых продуктов и биологически активных добавок для питания спортсменов во избежание передозировки ряда биологически активных веществ.

Поступила 08.09.2022

## ЧАСТОТА ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ СПОРТСМЕНАМИ-ХОККЕИСТАМИ

<sup>1,2</sup>Коростелева М.М., к.м.н., korostel@bk.ru,

<sup>1,3</sup>Кобелькова И.В., к.м.н., kobelkova@ion.ru

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Академия постдипломного образования Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», г. Москва, Россия

Спорт высоких достижений предъявляет высокие требования к скоростно-силовым характеристикам спортсменов. В связи с этим незначительное увеличение работоспособности может быть решающим фактором для профессиональной результативности. С этой целью многие спортсмены включают в рацион питания специализированные пищевые продукты (далее — СПП) и биологически активные добавки к пище (далее — БАД). Представляется актуальным изучение причин выбора и частоты применения СПП среди российских спортсменов.

Обследовано 24 спортсмена спортивного клуба по хоккею на льду (средний возраст  $26,4 \pm 7,4$  года) в период проведения сборов в УТЦ «Новогорск» в августе 2022 г. Антропометрические измерения проводили по стандартной методике. Фактическое питание изучали частотным методом с использованием компьютерной программы «Анализ состояния питания человека» (версия 1.2.4 ГУ НИИ питания РАМН 2004 г., программа зарегистрирована Российским агентством по патентам и товарным знакам 09.02.2004 № 2004610397). Протокол исследования был одобрен комитетом по этике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (№ 1 от 22.12.2019). Частота и размер суточного потребления СПП и БАД были изучены с помощью специально разработанной анкеты. Обработку данных выполняли с использованием программы SPSS 20.

Анализ антропометрических показателей установил, что масса тела в среднем составила  $84,9 \pm 8,0$  кг, длина —  $183,8 \pm 5,7$  см, индекс массы тела  $25,1 \pm 1,8$ . Средняя суточная энергетическая ценность рационов питания составила  $3085 \pm 920$  ккал. В структуре калорийности рациона вклад белков составил 16,3%, жиров — 45,5% и углеводов — 36%. Анализ фактического питания установил,

что 50 % из опрошенных хоккеистов принимали СПП и БАД, длительность приема варьировалась от нескольких дней до года. При этом наиболее популярными видами СПП являлись изотонические напитки — их принимали 46 % обследованных, далее следовали высокобелковые СПП и БАД, содержащие витаминно-минеральные комплексы — по 33 %, БАД, включающие смесь аминокислот с разветвленной боковой цепью — 21 %, креатин — 12 %,  $\omega$ -3 ПНЖК — 8 % и казеин — 4 %.

Важно подчеркнуть, что большинство обследованных принимали одновременно несколько видов СПП и БАД для питания спортсменов. В среднем это обеспечивало дополнительное поступление  $322 \pm 231$  ккал/сут ( $0 \div 638$  ккал/сут),  $18 \pm 17$  г/сут ( $0 \div 44$  г/сут белка, 2 г жира (в том числе  $0,3 \div 0,6$  г  $\omega$ -3 ПНЖК) и  $56 \pm 51$  г/сут углеводов ( $0 \div 126$  г/сут). Кроме того, четвертая часть хоккеистов использовала для приготовления напитков из инстантных смесей от 300 до 500 мл молока с массовой долей жира 2,5 %, что также оказывало существенный вклад в пищевую и энергетическую ценность рациона питания. При этом для некоторых витаминов ( $B_1$ ,  $B_2$ , А) отмечено крайне высокое суммарное поступление с учетом естественного содержания в базовом рационе и вклада из всех видов СПП, превышающее верхний допустимый уровень потребления.

Осведомленность о принципах сбалансированного питания, физиологической потребности в основных пищевых веществах и энергии недостаточно высока, требуется проведение обучающих программ для повышения информированности при выборе СПП и БАД для оптимизации тренировочного процесса.

Поступила 08.09.2022

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПИЩЕВОГО ПРОДУКТА В ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ**

*Крючкова Е. Н., д. б. н., kdlfncg@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Тяжелая экологическая ситуация, ухудшение структуры питания населения делают очень важной проблему поиска природных средств, растительного сырья, богатого биологически активными веществами, повышающими адаптационные возможности организма к экстремальным факторам внешней среды и предотвращающими развитие ряда заболеваний.

В этих условиях наиболее обоснованным и экономичным способом восполнения незаменимых нутриентов, повышения защитных сил организма является включение в профилактические рационы специализированных продуктов, в том числе напитков обогащенного состава.

Лечебно-профилактическое питание (далее — ЛПП) относится к числу высокоэффективных оздоровительных факторов в комплексе мероприятий, направленных на устранение воздействия на организм рабочих вредных условий труда и укрепление здоровья.

В связи с этим целью настоящего исследования явилась оценка эффективности использования специализированного пищевого продукта в питании рабочих.

Проведено обследование 72 рабочих Томского завода резинотехнических изделий в возрасте от 27 до 56 лет со стажем работы от 10 до 20 лет (вальцовщики, прессовщики-вулканизаторщики, шероховщики, клейщики, сортировщики).

В качестве изучаемого продукта использованы нектары, обогащенные пектином «Сава» (г. Томск), маркировка (при вредных условиях труда). В условиях производства в течение 12 недель рабочим давалось ЛПП в количестве одного пакета (0,250 л) в день. Эффективность применения данного продукта оценивалась по результатам клинико-лабораторных исследований, выполненных до и по окончании курса.

По результатам проведенных исследований установлено, что приоритетными неблагоприятными факторами при проведении основных технологических процессов резинотехнического производства являются высокие концентрации веществ I–II класса опасности, образующихся на различных этапах приготовления резиновых смесей и формовых изделий, а также тяжесть трудового процесса.

Усугубляет негативное воздействие факторов производственной среды несбалансированное питание. Отмечаются недостаточная энергетическая ценность рационов (на 24 %), дефицит белков

животного происхождения (27 %). Поступление в организм рабочих природных антиоксидантов (витаминов С, А, Е), влияющих на защитный потенциал человека, ниже физиологических норм на 27–55 %. Среди минеральных веществ выявлены дефицит кальция (28 %) и наиболее существенный недостаток йода (44 %).

На фоне трехмесячного применения лечебно-профилактического продукта у рабочих изначально пониженная концентрация в плазме крови аскорбиновой кислоты и а-токоферола достоверно повысилась в 1,5 раза, концентрация β-каротина приблизилась к нижней границе нормальной обеспеченности, количество полигиповитаминозных состояний сократилось в 1,8 раза. Повышенные уровни меди снизились в 1,4 раза, цинка — в 1,3 раза, отмечено достоверное снижение β-глобулинов у 19 % рабочих и повышение γ-глобулинов у 30 %.

Со стороны иммунной системы было выявлено увеличение числа общих лимфоцитов в крови рабочих за счет субпопуляций CD8+ и В-лимфоцитов, снижение иммуноглобулинов классов М (с  $2,2 \pm 0,3$  до  $1,6 \pm 0,1$  г/л) и G (с  $16,9 \pm 0,5$  до  $12,3 \pm 0,4$  г/л), а также циркулирующих иммунных комплексов (с  $153,7 \pm 8,1$  до  $99,3 \pm 8,3$  ед. ОП).

Существенная позитивная динамика отмечена в отношении показателей системы «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита». Исходно повышенная концентрация малонового диальдегида  $5,3 \pm 0,4$  мкмоль/л по окончании курса с применением лечебно-профилактического продукта была снижена до  $4,5 \pm 0,5$  мкмоль/л, уровень церулоплазмина достоверно возрос с  $281,3 \pm 14,1$  до  $336,4 \pm 14,9$  мг/мл, активность каталазы и миелопероксидазы увеличилась с  $446,9 \pm 21,2$  до  $629,3 \pm 20,5$  мккат/л и  $1,7 \pm 0,09$  до  $2,2 \pm 0,05$  у. ед. соответственно.

Таким образом, эффективность использования ЛПП подтверждена нормализацией параметров гомеостаза у 81 % обследованных, что обусловлено сбалансированным составом напитка по микро-нутриентам и специальным набором биологически активных веществ природного происхождения.

Проведенные исследования доказывают, что включение в рацион лечебно-профилактического нектара «Сава» оказало заметный положительный эффект на обеспеченность организма рабочих некоторыми витаминами и минеральными веществами, способствовало увеличению адаптационных резервов организма, иммуномодулирующему, противовоспалительному эффектам, оптимизации показателей «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» в предупреждении неблагоприятного влияния факторов производственной и окружающей среды.

Это дает основание рекомендовать к применению нектары «Сава» при вредных условиях труда как эффективные защитные средства, способствующие предупреждению возникновения профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний, их прогрессирования и развития различных осложнений.

Поступила 02.09.2022

## **ИЗУЧЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА Г. БОБРУЙСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ЧАСТОТЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В РАМКАХ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА «ГРАДУС ЖИЗНИ 100+»**

*Лайтер Д.Н., bobr@cge.by,  
Потапенко Л.И., bobr@cge.by,  
Шпаковский И.И., bobr@cge.by*

Учреждение здравоохранения «Бобруйский зональный центр гигиены и эпидемиологии»,  
г. Бобруйск, Республика Беларусь

В г. Бобруйске, как и в целом по Республике Беларусь, неинфекционные заболевания остаются основной причиной заболеваемости, инвалидности и преждевременной смертности населения, их доля в 2021 г. составила 94,5 % смертности и 69,9 % бремени в общей заболеваемости.

По-прежнему лидирующими заболеваниями остаются артериальная гипертензия — 43,2 %, ишемическая болезнь сердца — 17,2 %, что обусловлено экологическими, социально-экономическими факторами, урбанизацией, изменением условий жизни и жизненных приоритетов, наличием у населения по объективным и субъективным причинам значительного количества факторов риска развития болезней системы кровообращения, улучшением диагностики.

Структуру общей заболеваемости населения г. Бобруйска в 2021 г. определяли болезни системы кровообращения — 26,0%, болезни органов дыхания — 19,4%, болезни эндокринной системы — 9,9%.

Заболеваемость сахарным диабетом растет, причем рост происходит в основном за счет сахарного диабета 2-го типа — свыше 94% случаев. Основной причиной развития инсулиннезависимого диабета (2-го типа) являются погрешности в организации питания и как следствие развитие метаболического синдрома. В 80% случаев болезнь ассоциирована с ожирением, избыточной массой тела, малоподвижным образом жизни и наблюдается в основном у людей старшей возрастной категории.

Обобщенные научные данные для людей в возрасте 65 лет и старше показывают, что физические активные пожилые люди по сравнению с менее активными гораздо реже подвержены ишемической болезни сердца, гипертонии, инсульту, сахарному диабету 2-го типа, раку толстой кишки и не имеют избыточной массы тела. Структура биомаркеров у таких людей является более благоприятной для предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний, диабета 2-го типа.

С целью изучения пищевого статуса людей возрастной категории 60+ в рамках программы медико-диагностического профилактического проекта «Градус жизни 100+», инициированного специалистами учреждения здравоохранения «Бобруйский зональный центр гигиены и эпидемиологии» для женщин пожилого возраста на базе Центра социального обслуживания населения Первомайского района г. Бобруйска в 2022 г., были изучены рационы фактического питания 27 участниц проекта, составлены таблицы частоты потребляемых пищевых продуктов и блюд в течение месяца. После этого был проведен анализ данных анкет и даны рекомендации по корректировке рационов.

Оценка статуса питания проводилась специалистами согласно инструкции по применению «Изучение фактического питания на основе метода анализа частоты потребления пищевых продуктов» № 017–1211, разработанной республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» и ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», утвержденной заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 15.12.2011.

Данный метод позволил изучить и оценить фактическое питание участвующих в исследовании лиц, определить химический состав, калорийность и рациональность суточного рациона в соответствии с потребностями организма в пищевых веществах и энергии.

В общую часть анкеты вносились анкетные данные (пол, дата рождения), фамилия, имя, отчество; антропометрические данные (рост, масса тела); информация об обычных видах деятельности в течение дня; анализировались данные о потреблении в течение месяца синтетических витаминно-минеральных комплексов, биологически активных добавок, об использовании диет.

Анализ данных проведенного анкетного опроса показал дефицит пищевой энергии у 63% участников обследования (фактически за сутки потреблялось 1338 ккал). Норма физиологической потребности в энергии у женщин 60 лет и старше, составляющая от 1700 до 1975 ккал/сутки, определена Санитарными нормами и правилами «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь» (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 № 180).

У 15% участников обследования наблюдалось превышение калорийности (фактически за сутки потреблялось до 3268 ккал), которое достигалось за счет потребления пищевых продуктов, содержащих большое количество простых углеводов и недостаточное количество белков и жиров.

В свою очередь у 52% респондентов наблюдался дефицит в рационе питания продуктов животного и растительного происхождения, содержащих белки и жиры. Согласно анализу данных анкетного опроса, содержание белков в потребляемой пище составило в среднем 38,5 г/сут (физиологическая норма 55–61 г/сут), жиров — 42,3 г/сут (физиологическая норма 57–66 г/сут). У 11% обследуемых наблюдалось превышение нормы по содержанию белков — 123,3 г/сут, жиров — 146,7 г/сут.

В работе мы оценивали количество получаемых с пищей витаминов и минеральных веществ.

У 59% обследуемых наблюдался дефицит витамина А — среднее поступление составило 0,3 мкг/сут (физиологическая норма 0,9 мкг/сут); у 44% обследуемых — дефицит витамина В<sub>1</sub> — среднее поступление составило 0,5 мг/сут (физиологическая норма 1,5 мг/сут); у 59% респондентов — дефицит витамина РР — среднее поступление составило 8,9 мг/сут (физиологическая норма 20 мг/сут). У 41% опрошенных превышена норма витамина С — 233 мг/сут (физиологическая норма 90 мг/сут). Такое превышение объяснялось тем, что респонденты принимали аскорбиновую кислоту с целью профилактики ковидной инфекции.

У 48% опрошенных наблюдался дефицит кальция — 599 мг/сут, у 26% опрошенных отмечалось превышение физиологической нормы — 1415 мг/сут (физиологическая норма 1200 мг/сут). У 15% опрошенных наблюдался дефицит железа, у 37% опрошенных — превышение физиологической

нормы (физиологическая норма 10 мг/сут). Содержание магния и фосфора у 52 % также было недостаточным, у половины респондентов наблюдался дефицит по содержанию калия.

По результатам проведенного анализа данного исследования каждому участнику проекта были даны рекомендации по рационализации индивидуального пищевого рациона. С целью сравнительного анализа данных пищевого статуса обследуемых в рамках медико-диагностического профилактического проекта «Градус жизни 100+» планируется через год провести повторное изучение фактического питания участников проекта с использованием данного метода.

Поступила 22.08.2022

## АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ И САХАРА В ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ В Г. УФА ЗА ПЕРИОД 2019–2021 ГГ.

Мусабилов Д. Э., 30102000@rambler.ru,  
Афонькина С. П., к. х. н., ufa.lab@yandex.ru,  
Фазлыева А. С., ufa.lab@yandex.ru,  
Курилов М. В., ufa.lab@yandex.ru,  
Аухадиева Э. А., ufa.lab@yandex.ru,  
Зеленковская Е. Е., ufa.lab@yandex.ru

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Применение консервантов в пищевой промышленности является неотъемлемой частью производства. Производители пищевых продуктов не могут полностью отказаться от их использования, так как наличие консервантов в продукте способствует его длительному хранению и предотвращению порчи, которая приводит к ухудшению органолептических показателей (появлению неприятных запахов и привкусов).

Наиболее часто производителями винодельческой продукции при производстве красных и белых вин в качестве консерванта используется диоксид серы (далее — ДС) (пищевая добавка E220).

ДС применяют не только в виноделии, но и при обработке сухофруктов, производстве овощных и фруктовых напитков, джемов, пюре и т. д. Категорически запрещено использование этой добавки в детских пищевых продуктах. Как уже сообщалось, этот консервант способствует длительному хранению продукции, а также сохранению прозрачности, цвета, приятного запаха и вкуса (Мусабилов Д. Э. и др., 2020). Стоит заметить, что в дорогостоящих винах зачастую отсутствует добавка E220, так как подобные вина не производят в больших количествах из-за их недолгого срока годности.

ДС может быть в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. В винной продукции ДС присутствует как  $SO_2$ , связанный с ацетальдегидом ( $C_2H_4O$ ).

ДС обладает выраженными антибактериальными свойствами против бактерий рода *Acetobacter* и *Glucanobacter*, вызывающих уксуснокислое брожение, которое приводит к образованию уксусной кислоты из спирта, что является главной причиной порчи винодельческой продукции, пива и кваса.

Следует напомнить, что ДС способен накапливаться в организме и оказывать негативное воздействие с проявлением соответствующих симптомов: тяжесть в желудке, тошнота, головокружение, мигрень, диарея, аллергические состояния и др.

На молекулярном уровне главным эффектом ДС является разрушение белков и витамина  $B_1$  (Курилов М. В. и др., 2020). В настоящее время вышеописанному консерванту присвоен третий класс опасности (Королев Д. Ю. и др., 2020).

Согласно Техническому регламенту Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» (далее — ТР ТС 029/2012) максимально допустимый уровень ДС в виноградных и плодовых винах составляет 300 и 200 мг/кг соответственно. Также в ТР ТС 029/2012 указано, что если содержание в пищевой продукции ДС менее 10 мг/кг, то разрешается не указывать на маркировке его наличие.

По содержанию сахаров, которые в свою очередь также являются консервантами, все вина подразделяются на сладкие, полусладкие, сухие и полусухие. Согласно ГОСТ Р 52523–2006 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия» массовая концентрация сахаров с учетом допустимых отклонений в столовых сухих винах должна составлять не более 4,0 г/дм<sup>3</sup>, полусухих — от 4,0 до 18,0 г/дм<sup>3</sup>, полусладких — от 18,0 до 45,0 г/дм<sup>3</sup>, сладких — не менее 45,0 г/дм<sup>3</sup>.

Цель исследования состояла в проведении анализа количественного содержания ДС и сахаров в винодельческой продукции за период 2019–2021 гг. в г. Уфа и проверке ее на соответствие утвержденным регламентам.

Общее количество исследованных образцов винодельческой продукции за 2019–2021 гг. составляет 623. Анализ количественного содержания ДС проводили с помощью метода титриметрии по ГОСТ 32115–2013, а анализ количественного содержания массовых концентраций сахаров по ГОСТ 13192–73. Данное исследование было проведено на базе Испытательного центра ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека».

За период 2019–2021 гг. было проанализировано 623 образца винодельческой продукции, в том числе столовые вина, игристые вина и фруктовые напитки. В 2019 г. было проанализировано 167 образцов винодельческой продукции; в 2020–2021 гг. — 212 и 244 образца соответственно.

По результатам анализа, приведенным в таблице 1, установлено, что наибольшее содержание ДС выявлено в сухих белых столовых винах ( $143,0 \pm 51,2$  мг/дм<sup>3</sup>).

Наименьшее содержание ДС наблюдалось во фруктовых полусладких винных напитках ( $51,1 \pm 17,6$  мг/дм<sup>3</sup>). По сравнению с 2019 г. в 2021 и 2022 гг. количественное содержание ДС уменьшилось в 1,5–2 раза во всех образцах винодельческой продукции, кроме сладких столовых вин и фруктовых полусладких винных напитков. В то же время содержание сахаров не претерпело существенных изменений.

Таблица 1 — Количественное содержание консервантов в различной алкогольной продукции на протяжении трех лет (среднее значение + стандартное отклонение), мг/дм<sup>3</sup>

Вид винодельческой продукции	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	Количественное содержание консерванта					
	E220	Сахар	E220	Сахар	E220	Сахар
Полусладкое белое	119,6 ± 55,8	37,8 ± 4,9	72,3 ± 36,7	36,6 ± 3,0	70,1 ± 26,9	36,7 ± 3,3
Полусладкое красное	123,3 ± 54,9	37,6 ± 4,2	81,2 ± 37,5	36,6 ± 2,4	64,4 ± 31,2	38,1 ± 4,0
Сухое белое	143,0 ± 51,2	2,0 ± 1,1	73,2 ± 36,1	1,9 ± 0,5	76,1 ± 25,2	1,8 ± 0,5
Сухое красное	123,7 ± 41,8	2,3 ± 0,9	86,1 ± 29,6	2,4 ± 0,7	86,4 ± 21,6	2,0 ± 0,7
Сладкое красное	60,8 ± 32,1	52,8 ± 2,5	39,2 ± 5,9	54,2 ± 2,9	61,2 ± 13,6	53,2 ± 3,6
Полусухое белое	128,0 ± 3,6	8,3 ± 0,4	85,5 ± 2,1	13,5 ± 0,3	73,1 ± 22,3	12,6 ± 2,9
Полусухое красное	128 ± 26,9	11,1 ± 0,9	70,5 ± 21,9	12,0 ± 1,6	55,6 ± 13,8	13,3 ± 0,9
Фруктовое полусладкое	51,1 ± 17,6	46,2 ± 10,9	52,5 ± 18,9	44,3 ± 7,4	63,4 ± 14,7	41,3 ± 3,7
Игристое полусладкое белое	114,8 ± 33,3	44,8 ± 11,9	75,7 ± 17,3	48,6 ± 2,9	74,8 ± 22,6	48,0 ± 3,3

Таким образом, по результатам проведенных исследований ни в одном проанализированном образце не было зафиксировано превышения нормативов содержания ДС и массовых концентраций сахаров. Установлено снижение содержания ДС в исследованной винодельческой продукции за 2020–2021 гг. по сравнению с 2019 г. Вопрос сохранности качественных показателей винодельческой продукции при снижении концентрации ДС требует дальнейшего изучения и в случае положительного подтверждения может обсуждаться для изменения норматива содержания ДС в винодельческой продукции, что несомненно уменьшит вредное воздействие данной продукции на организм при ее употреблении.

Поступила 16.08.2022

# СТАТУС ВИТАМИНА D И СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО И КОСТНОГО ОБМЕНА У ДЕТЕЙ С ДИСТРОФИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ВРОЖДЕННОГО БУЛЛЕЗНОГО ЭПИДЕРМОЛИЗА: РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ДОЗИРОВАНИЯ КОЛЕКАЛЬЦИФЕРОЛА

<sup>1,2</sup>Пронина И. Ю., *krapchatovaiv@yandex.ru*,

<sup>1,3</sup>Макарова С. Г., д. м. н., *sm27@yandex.ru*,

<sup>1,4,5</sup>Мурашкин Н. Н., д. м. н., профессор, *m\_nn2001@mail.ru*,

<sup>1</sup>Семикина Е. Л., д. м. н., *semikina@nczd.ru*,

<sup>1</sup>Аникин А. В., к. м. н., *anikin@nczd.ru*

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия;

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия;

<sup>4</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия;

<sup>5</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента Российской Федерации, г. Москва, Россия

При дистрофической форме врожденного буллезного эпидермолиза (далее — ДБЭ) ввиду присущей ей клинической картины (выраженная белково-энергетическая недостаточность, нарушение нутритивного статуса, большой объем поражения кожных покровов, болевой синдром) усвоение и метаболизм витамина D значительно нарушены. Дефицит витамина D способствует развитию гипокальциемии с постепенным прогрессированием костных нарушений.

Целью работы было разработать персонализированные подходы для коррекции статуса витамина D и нарушений метаболизма костной ткани у детей с дистрофической формой врожденного буллезного эпидермолиза.

В исследование вошел 71 ребенок с ДБЭ (девочек 39 (55 %), мальчиков 32 (45 %)), медиана возраста составила 8,5 года [3,67; 11,92] и 5,75 года [3,13; 10,46] соответственно. У всех пациентов до назначения колекальциферола в дозах, согласно Национальной программе «Недостаточность витамина D у детей и подростков Российской Федерации: современные подходы к коррекции», 2021 г., исследовались: статус витамина D (недостаточность витамина D определяли при концентрации 25(OH)D в диапазоне 20–30 нг/мл, дефицит — 10–19 нг/мл, выраженный дефицит — менее 10 нг/мл); основные показатели фосфорно-кальциевого обмена; маркеры формирования и резорбции костной ткани — остеокальцин; N-терминальный пропептид проколлагена 1-го типа; C-концевой телопептид коллагена I типа. Минеральную плотность костной ткани (далее — МПК) оценивали методом двуэнергетической рентгеновской абсорбциометрии на остеоденситометре Lunar iDXA (General Electric, USA). Статистический анализ данных проводился при помощи пакета статистических программ Statistica 13.0 (StatSoft Inc., USA). Срок терапии составил 6 месяцев. Расчет суточной дозы колекальциферола проводился с учетом пищевой компоненты, состава смесей и количества принимаемого колекальциферола с препаратом.

Недостаточность витамина D была зафиксирована у 16 детей (22,5 %), дефицит — у 22 (31,0 %), глубокий дефицит — у 7 (9,9 %). Обнаружена умеренная отрицательная корреляция между концентрацией 25(OH)D и возрастом пациентов ( $r = -0,437$ ;  $p < 0,001$ ). Гипокальциемия была выявлена в 39,4 % случаев. У всех пациентов с гипокальциемией уровень 25(OH)D был ниже 30 нг/мл. Снижение МПК до уровня остеопении было выявлено в 33,8 % случаев, до уровня остеопороза — в 19,7 % случаев. Большинство детей с ДБЭ (83 %) получали в качестве нутритивной поддержки специализированные продукты для энтерального питания. Потребление витамина D с пищевыми источниками, включая специализированные продукты, составило от 44 до 660 МЕ (Ме 600 МЕ [250; 800]). Были назначены лечебные дозы колекальциферола, что позволило достичь оптимальных уровней 25(OH)D через 1 месяц и перейти на профилактические дозы. Через 6 месяцев приема профилактических доз в 38 % случаев 25(OH)

D был менее 30 нг/мл. С целью выявления линейных зависимостей концентрации витамина D после насыщения от значений исходных факторов был выполнен корреляционный анализ. Наблюдалась статистически значимая умеренная положительная корреляция 25(OH)D через 6 месяцев с используемой профилактической дозой витамина D ( $r=0,46$ ;  $p=0,001$ ), отрицательная умеренная статистически значимая корреляция 25(OH)D через 6 месяцев с возрастом ( $r=-0,31$ ;  $p=0,008$ ) и 25(OH)D через 6 месяцев с исходной концентрацией 25(OH)D ( $r=0,25$ ;  $p=0,032$ ). С целью определения оптимальной дозы витамина D для достижения его референсного интервала для разных возрастных подгрупп была построена логистическая модель по методу «дерево решений», в ходе реализации которой были выведены оптимальные схемы терапии колекальциферолом. Так, при достижении уровня 25(OH)D 30 нг/мл на протяжении 3 месяцев в возрасте 1–3 года и 3–7 лет необходимо использовать дозу не менее 1500 МЕ; в возрасте 7–12 лет — не менее 2500 МЕ; в возрасте 12–18 лет — не менее 3000 МЕ.

Таким образом, обеспеченность витамином D не может быть компенсирована за счет инсоляции и эндогенного синтеза витамина D. Учитывая высокую потребность в витамине D у детей всех возрастных подгрупп, через 1 месяц применения насыщающих лечебных доз колекальциферола необходимо контролировать уровень 25(OH)D с определением последующих доз на основании разработанной нами модели.

Поступила 09.09.2022

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ (НЕШТАТНЫХ) СИТУАЦИЙ НА СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*Просвирякова И.А., к.м.н., risk.factors@rspch.by,*

*Пшегрода А.Е., risk.factors@rspch.by,*

*Гриценко Т.Д., к.б.н., risk.factors@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Методология оценки риска здоровью является действенным механизмом гигиенической экспертизы и служит современным методом регулирования неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения. При определенных условиях таким фактором может являться вода, потребляемая населением в питьевых и бытовых целях.

Основным критерием, на основе которого разрабатываются мероприятия и принимаются решения по защите здоровья населения, является достижение так называемого «уровня приемлемого риска», значения которого зависят от типа этого риска, количества и длительности воздействия неблагоприятного фактора.

Законом Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении» предусмотрено проведение оценки риска для жизни или здоровья населения, связанного с потреблением питьевой воды, не соответствующей нормативам безопасности питьевой воды, при возникновении аварий (чрезвычайных ситуаций) на системах централизованного питьевого водоснабжения. Подача питьевой воды прекращается или ограничивается решением местного исполнительного и распорядительного органа базового территориального уровня, принимаемым по представлению главного государственного санитарного врача соответствующей территории на основании проведенной оценки риска.

В случаях, связанных с явлениями природного характера, которые не могут быть заблаговременно предусмотрены, или с аварийными ситуациями, устранение которых не может быть осуществлено немедленно, могут быть допущены временные отклонения от гигиенических нормативов качества питьевой воды только по показателям химического состава, влияющим на органолептические свойства.

Решение задачи совершенствования и унификации метода экспресс-оценки безопасности питьевой воды предусматривало этапность. На первом этапе проведен системный анализ методических подходов к проведению гигиенической оценки химического состава питьевой воды и оценки риска здоровью населения от воздействия химических веществ, определяющих органолептические свойства питьевой воды, применяемых в Республике Беларусь, Российской Федерации, Европейском союзе и странах дальнего зарубежья при возникновении чрезвычайных ситуаций на системах централизованного питьевого водоснабжения.

На втором этапе на основе полученных данных обоснован перечень критериев оценки риска воздействия химических веществ, определяющих органолептические свойства питьевой воды, наиболее полно отражающих опасность для здоровья населения при возникновении чрезвычайных (нештатных) ситуаций на системах централизованного питьевого водоснабжения с учетом специфики Республики Беларусь. Разработан метод экспресс-оценки риска здоровью населения, ассоциированного с воздействием химических веществ, влияющих на органолептические свойства питьевой воды, включая критериальный аппарат для оценки полученных результатов. При разработке метода экспресс-оценки риска здоровью населения использовался метод моделирования загрязнения питьевой воды при чрезвычайных ситуациях, а также применялись разработанные номограммы, позволяющие в кратчайшие сроки по кратности предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) химических веществ в воде в диапазоне от 1 до 20 ПДК определять уровни риска здоровью населения в отношении химических веществ, способных повлиять на органолептические свойства питьевой воды.

На этапе апробации критериев оценки риска и разработанного метода использованы результаты лабораторного контроля центров гигиены и эпидемиологии, а также данные территориальных подразделений организаций водоканала, обеспечивающих водоподготовку и подачу питьевой воды населению.

При возникновении чрезвычайных ситуаций на системах централизованного питьевого водоснабжения основным критерием оценки риска для здоровья населения, связанного с потреблением питьевой воды, не соответствующей гигиеническим нормативам, является потенциальный риск немедленного действия. Для оценки эффектов краткосрочного воздействия, как правило, применяются критерии, позволяющие оценить вероятность (риск) развития ольфакторно-рефлекторных эффектов или эффектов психологического дискомфорта:

- потенциальный риск немедленного (рефлекторного) действия химических веществ, нормируемых по их влиянию на органолептические свойства питьевой воды;
- потенциальный риск обнаружения неспецифического запаха (привкуса);
- доля населения, обнаруживающего неспецифический запах (привкус);
- потенциальный риск немедленного (рефлекторного) действия по показателю мутности, цветности, водородному показателю питьевой воды.

Теоретической основой оценки вероятности (риска) развития ольфакторно-рефлекторных эффектов или эффектов психологического дискомфорта является психофизический закон Вебера — Фехнера, согласно которому интенсивность ощущения пропорциональна логарифму концентрации вещества.

Подходы, применяемые при установлении и оценке величины потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия, позволяют не только охарактеризовать органолептические свойства воды с позиции степени проявления запаха и привкуса описательного характера, но и предположить вероятность его обнаружения потребителем, установить долю населения, обнаруживающего неспецифический запах (привкус) при централизованном водоснабжении. Установление величины и оценка потенциального риска немедленного (рефлекторного) действия химических веществ, для которых гигиенический норматив установлен по органолептическому лимитирующему признаку вредности вещества, позволяет оценить вероятность и распространенность случаев жалоб населения на различные дискомфортные состояния, связанные с воздействием оцениваемого фактора, и в случае значительного отклонения от гигиенических нормативов безопасности предположить возможные тенденции в общей заболеваемости населения.

Поступила 25.10.2022

## **ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ «ГОТОВЫХ» БЛЮД В РАЦИОНЕ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ**

*Пырьева Е. А., к. м. н., pyrieva@ion.ru,  
Георгиева О. В., к. техн. н., georgieva@ion.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

Питание ребенка является важным фактором обеспечения его здоровья и развития, формирования правильного пищевого поведения. К новым путям оптимизации детского питания относится

расширение его ассортимента за счет блюд высокой степени готовности, предназначенных для детей различных возрастных категорий, в том числе ранних возрастных групп. Направление «готовых» блюд для детского питания имеет принципиальные отличия от продуктов массового производства и формируется на основе требований детской нутрициологии. «Готовые» блюда для детского питания по показателям безопасности, пищевой ценности, органолептическим свойствам, идеологии производства должны отвечать высоким требованиям к продукции детского питания, обеспечивать реализацию принципов здорового питания. Для достижения высокой пищевой ценности «готовых» продуктов детского питания осуществляется подбор сырья, специально разрабатываются рецептуры и технологии производства, обеспечивающие заданный химический состав блюд в соответствии с возрастными потребностями ребенка. Как и во всех продуктах детского питания, в них лимитируется качественное и количественное содержание жира, уровень добавленных сахаров, соли, специй, применяется термическая обработка и упаковка, сохраняющие пищевую ценность, тщательно контролируются сроки годности.

Пищеварительные органы и жевательный аппарат детей раннего возраста окончательно не сформированы, поэтому продукты и блюда для них нуждаются в особой кулинарной обработке, предусматривающей исключение обжаривания продуктов; обеспечение механического щажения (приготовление мяса и мяса птицы в виде рубленых, а не кусковых изделий). Тепловая обработка, проводимая при приготовлении различных блюд, должна обеспечить высокие вкусовые качества пищи и безопасность изготавливаемых блюд. Технология приготовления пищи для детей предусматривает использование щадящих методов термической обработки: отваривания, тушения, запекания. Вместе с тем ее следует проводить в условиях, позволяющих максимально сохранить пищевую, в том числе витаминную, ценность продуктов и блюд. Возможность сохранить полезные качества исходного продукта обеспечивает приготовление на пару.

Реализовать идеологию «готовых» блюд в детском питании позволят инновационные технологии, к которым относится Cook and Chill с комбинацией процесса пастеризации блюд в упаковке, включающей несколько этапов. Наиболее универсальным высокотехнологичным энергосберегающим оборудованием для приготовления специализированных продуктов детского питания являются пароконвектоматы. Технология приготовления «готовых» блюд в пароконвектомате позволяет сохранить витаминный, макро- и микроэлементный состав продуктов, улучшить вкусовые качества блюд, снизить уровень потерь на стадии тепловой обработки.

ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» на основании технологических возможностей производства разработан ассортимент «готовых» блюд и ингредиентный состав рецептурных композиций для питания детей раннего и дошкольного возраста, на основании которого или с включением отдельных блюд может быть сформировано ежедневное меню.

Ассортимент «готовых» блюд включает: первые обеденные блюда, вторые обеденные блюда (в том числе гарниры (крупяные, овощные)), кулинарные изделия (мясные, рыбные, из мяса птицы, из мяса кролика, овощные), каши, блюда из творога (сырники, запеканки), блюда из яиц (в том числе различные омлеты), соусы (молочные, фруктовые, овощные).

Разработанные «готовые» блюда обеспечивают разнообразие рациона, в том числе за счет разных вкусовых и ингредиентных сочетаний, позволяющих сделать выбор согласно индивидуальным вкусовым предпочтениям. Новые виды продуктов обладают сбалансированным составом, обеспечивающим высокую пищевую и биологическую ценность.

Пищевая ценность «готовых» блюд основного рациона составляет: по содержанию белка от 2,0 до 10 г / 100 г для изделий на крупяной, овощной основах, от 10 до 20 г / 100 г продукта для изделий на основе творога, различных видов мяса, рыбы; по содержанию жира от 0,1 г / 100 г до 7–10 г для первых блюд на овощной основе, гарниров на основе круп, от 10 до 17,0 г / 100 г для блюд на основе мяса и птицы; содержание углеводов в блюдах может различаться от 2 до 20 г / 100 г.

Сбалансированность рациона по пищевым веществам и обеспечение адекватной потребностям ребенка энергетической ценности рационов достигается за счет высокого разнообразия блюд и их оптимального сочетания в рационе в соответствии с их пищевой ценностью.

Включение в рационы питания «готовых» блюд способно обеспечить плавный переход ребенка на общий стол за счет близости органолептических характеристик к домашнему питанию, при гарантированном соблюдении требований к продукции детского питания, включая требования к кулинарной обработке. С учетом особых требований к формированию пищевого поведения в этот период важным является приближение вкусовых характеристик продуктов и блюд детского питания к взрослым.

Поступила 05.09.2022

## Раздел 6

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. СТАТЬИ

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АМЛОДИПИНА БЕСИЛАТ

*Богданов Р.В., к.м.н., promtox@rspch.by,  
Чернышова Е.В., к.м.н., emerald\_25@mail.ru,  
Земцова В.О., veto4ka1710@rambler.ru,  
Занкевич В.А., victoriarspch@mail.ru,  
Табелева Н.Н., к.м.н., nmio@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

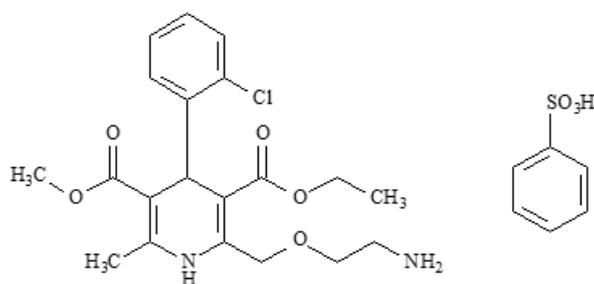
Фармацевтическая отрасль является важным сектором экономики, основой ее безопасности в области здравоохранения, лекарственного и медико-технического обеспечения и способна внести значительный вклад в экономическое развитие страны. С целью увеличения доли импортозамещения в номенклатуре лекарственной продукции, производимой отечественными предприятиями, и осуществления стратегии лекарственной безопасности разработан ряд государственных программ по развитию фармацевтической отрасли в Республике Беларусь, в том числе программа «Разработка фармацевтических субстанций, лекарственных средств и нормативно-правового обеспечения фармацевтической отрасли на 2021–2025 гг.», которая предусматривает значительное расширение ассортимента выпускаемых лекарственных средств.

По мере внедрения в промышленное производство большого количества лекарственных средств существенно увеличивается контингент лиц, имеющих профессиональный контакт с ними. При этом фармацевтическое производство отличается высоким потенциальным риском загрязнения воздуха рабочей зоны химическими и биологическими веществами, образующимися на различных стадиях технологического процесса, характеризующегося многостадийностью, прерывистостью, цикличностью, при котором риск выделения в производственную среду промежуточных продуктов получения лекарственных средств возрастает. При изготовлении готовых лекарственных форм используются действующее вещество — фармакологически активная субстанция (фармацевтическая субстанция) и различные вспомогательные вещества, при этом фармацевтические субстанции являются высокоактивными биологическими веществами, которые даже в очень малых дозах (тысячные доли грамма) при ингаляционном и контактном пути поступления в организм работников могут оказывать токсическое действие, обуславливая высокий риск развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний [1].

Полное исключение попадания химических веществ в производственную среду на фармацевтическом производстве практически невозможно, и главным способом профилактики вредного действия химического фактора на сегодняшний день является гигиеническая регламентация, которая включает разработку и обоснование гигиенических нормативов, эффективных методов их контроля, рекомендаций по обеспечению безопасных условий труда.

Целью данной работы являлось в экспериментальных условиях в рамках полной токсикологической оценки амлодипина бесилата установить параметры острой токсичности и опасности фармацевтической субстанции.

Амлодипина бесилат — это бесилатная соль амлодипина, синтетического дигидропиридина с антигипертензивным и антиангинальным действием. Международное непатентованное название — амлодипина бесилат (amlodipine besylate); латинское название — amlodipine besylate; химическое название — 5-метил-3-этил{(4RS)-2-[(2-аминоэтокси)метил]-6-метил-4-(2-хлорфенил)-1,4-дигидропиридин-3,5-дикарбоксилата} бензолсульфонат; регистрационный номер CAS 111470–99–6; формула —  $C_{26}H_{31}ClN_2O_8S$  (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Пространственная конфигурация (структурная формула) амлодипина бесилата**

Амлодипина бесилат является активно действующим веществом лекарственного средства амлодипин, которое фармакологически является антагонистом кальциевых каналов дигидропиридинового ряда третьего поколения, блокирует медленные кальциевые каналы (каналы L-типа) и препятствует внутриклеточной гиперкальциемии и сокращению гладкомышечной клетки, оказывая сосудорасширяющее действие.

Токсикологические исследования фармацевтической субстанции амлодипина бесилат проведены в соответствии с инструкцией 1.1.11–12–206–2002 «Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов» [2]. Изучение острой токсичности проведено на нелинейных белых крысах и мышах обоих полов при внутрижелудочном и внутривнутрибрюшинном введении. Лабораторные животные распределялись по группам случайным образом методом рандомизации, гомогенность групп по массе животных составляла  $\pm 10\%$ . Количественные параметры острой токсичности определяли пробит-анализом по методу Литчфилда – Уилкоксона в изложении М.Л. Беленького с расчетом дополнительных характеристик потенциальной опасности смертельного отравления – функции угла наклона прямой «доза-эффект» (далее – S) и размаха летальных доз (далее – R) [3]. S рассчитывали по формуле (1):

$$S = \frac{\left(\frac{DL_{84}}{DL_{50}}\right) + \left(\frac{DL_{50}}{DL_{16}}\right)}{2}, \quad (1)$$

где  $DL_{16}$ ,  $DL_{50}$ ,  $DL_{84}$  – дозы, вызывающие 16%, 50%, 84% летальных исходов;  
S – функция угла наклона прямой «доза-эффект».

R определялся как отношение вероятностных величин острой токсичности  $DL_{84}$  к  $DL_{16}$ . При меньшей вариабельности смертельных доз ( $DL_{84}/DL_{16}$ ) меньше способность организма к компенсаторным механизмам и выше вероятность смертельного исхода при воздействии высоких концентраций и, следовательно, опаснее вещество.

Результаты изучения острой токсичности вещества использовали для расчета коэффициента видовой чувствительности (далее – КВЧ) при внутрижелудочном и внутривнутрибрюшинном введении.

Период наблюдения за животными составлял 14 суток, на протяжении первого дня оно проводилось непрерывно, в последующем – один раз в сутки, при этом регистрировали следующие показатели: наличие или отсутствие гибели животных (летальность), общее состояние животных и клинические симптомы интоксикации, масса тела, потребление корма и воды, макроскопическое описание животных по завершении эксперимента.

Экспериментальные исследования проведены с соблюдением правил гуманного отношения к животным в соответствии с принципами Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов (1986), и Директивой 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского союза (2010) по охране животных.

В ходе эксперимента при внутрижелудочном введении фармацевтической субстанции клиническая картина острого отравления амлодипина бесилатом у крыс и мышей проявлялась в общей заторможенности и гиподинамии. Высокие токсические (летальные) дозы вызывали у животных атаксию, адинамию, большинство животных погибало на 2–4-е сутки после введения вещества (таблица 1).

Внутрибрюшинное введение амлодипина бесилата вызывало у экспериментальных животных заторможенность, вялость, снижение потребления корма и воды. Часть лабораторных животных погибала на 2–3-и сутки после введения вещества, внешние признаки интоксикации у большинства выживших в опыте животных проходили на 5–8-е сутки эксперимента (таблица 2).

Таблица 1 — Параметры токсичности и опасности фармацевтической субстанции амлодипина бесилат в остром опыте при внутрижелудочном введении

Вид животных	Величины летальных доз, мг/кг			Показатели потенциальной опасности острого отравления	
	DL <sub>16</sub>	DL <sub>50</sub>	DL <sub>84</sub>	S	R
Мыши	94,5	139,2 (117,5 ± 160,8)	247,1	6,49	2,61
Крысы	272,1	412,3 (377,2 ± 447,4)	639,5	6,13	2,35

Таблица 2 — Параметры токсичности и опасности фармацевтической субстанции амлодипина бесилат в остром опыте при внутрибрюшинном введении

Вид животных	Величины летальных доз, мг/кг			Показатели потенциальной опасности острого отравления	
	DL <sub>16</sub>	DL <sub>50</sub>	DL <sub>84</sub>	S	R
Мыши	29,3	46,8 (33,4 ± 60,2)	100,7	7,43	3,43
Крысы	21,2	64,8 (50,2 ± 79,4)	128,8	10,08	6,07

Визуальное патологоанатомическое обследование павших крыс и мышей при двух путях введения вещества не выявило видимой патологии внутренних органов. Макроскопический осмотр животных, умерщвленных по окончании 14 суток наблюдения, также не выявил каких-либо существенных различий в сравнении с контрольными животными.

В проведенном эксперименте не установлено достоверных различий в половой чувствительности лабораторных животных к данной фармацевтической субстанции. Коэффициент видовой чувствительности при внутрижелудочном и внутрибрюшинном введении составил 2,96 и 1,38 соответственно, что свидетельствует о невыраженной видовой резистентности токсического действия амлодипина бесилата на уровне смертельных эффектов (КВЧ < 3,0) и показывает возможность проведения дальнейших субхронических и хронических исследований изучаемой фармацевтической субстанции для гигиенической регламентации в воздухе рабочей зоны на белых крысах, которые являются традиционным и наиболее приемлемым видом лабораторных животных в хроническом эксперименте.

В результате проведенных токсикологических исследований согласно модифицированной классификации Организации экономического содействия и развития, изложенной в ТКП 125–2008 (02040), установлена степень токсичности амлодипина бесилата: при внутрижелудочном воздействии умеренно токсичен (III класс токсичности) для мышей и малотоксичен (IV класс токсичности) для крыс; при внутрибрюшинном воздействии умеренно токсичен (III класс токсичности) для крыс и мышей [4].

В соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 по величине среднесмертельной дозы при введении в желудок полученные данные позволяют классифицировать фармацевтическую субстанцию амлодипина бесилат как умеренно опасное вещество (III класс опасности) для крыс и как высокоопасное вещество для мышей (II класс опасности) [5].

## Литература

1. Василькевич, В.М. Актуальные вопросы гигиенического регламентирования и создания безопасных условий труда на предприятиях по производству фармацевтических препаратов / В.М. Василькевич, Р.В. Богданов, Е.В. Дроздова // Медицина труда и промышленная экология. — 2020. — Т. 60, № 10. — С. 640–644.

2. Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов: инструкция 1.1.11–12–206–2003 / М-во здравоохранения Респ. Беларусь // Сб. санитарных правил по коммунальной гигиене. — Минск, 2004. — Ч. 2. — С. 11–63.

3. Беленький, М.Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта / М.Л. Беленький. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Медгиз, 1963. — 152 с.

4. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007–76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Стандартинформ, 2007. — 5 с.

5. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008. — Введ. 28.03.2008. — Минск, 2008. — 34 с.

Поступила 25.08.2022

# ИЗУЧЕНИЕ ОСТРОЙ И СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ МЕТОКЛОПРАМИД НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ПРИ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ И ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

*Власенко Е. К., к. б. н., lotios@yandex.by,  
Гапанович В. Н., д. м. н., профессор, lotios@yandex.by,  
Бердина Е. Л., к. б. н., lotios@yandex.by,  
Васильева Е. Н., lotios@yandex.by,  
Кизино Т. Ф., lotios@yandex.by,  
Елисеенко А. Н., lotios@yandex.by,  
Бартош М. А., lotios@yandex.by,  
Карпенко Е. А., lotios@yandex.by,  
Потапова О. А., lotios@yandex.by,  
Мельник Д. К., lotios@yandex.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр ЛОТИОС», г. Минск,  
Республика Беларусь

Лекарственные препараты (далее — ЛП) на основе метоклопрамида (далее — МЕ) способствуют уменьшению тошноты, икоты; стимулируют перистальтику верхнего отдела желудочно-кишечного тракта. Механизм действия заключается в ингибировании дофаминовых D2 и серотониновых 5-HT<sub>3</sub> рецепторов в триггерной зоне хеморецепторов, расположенной в области постrema головного мозга, а также в прокинетиических эффектах за счет агонизма серотониновых 5-HT<sub>4</sub> рецепторов и антагонизма ингибирования мускариновых рецепторов. Это действие увеличивает высвобождение ацетилхолина, вызывая повышение тонуса нижнего сфинктера пищевода и тонуса желудка, ускоряя опорожнение желудка и прохождение через кишечник.

Отечественная фармацевтическая промышленность наращивает производство ЛП на основе МЕ. При этом, согласно законодательству Республики Беларусь, должны соблюдаться условия труда работников, контактирующих с данной фармацевтической субстанцией (далее — ФС), также должен быть установлен контроль на предмет загрязнения среды обитания для населения близлежащих к производственным участкам территорий. Данное требование реализуется посредством внедрения гигиенических регламентов содержания ФС в воздухе рабочей зоны и атмосферы, научным обоснованием которых является проведение токсиколого-гигиенической оценки на лабораторных животных при различных путях поступления в организм (в т. ч. ингаляционно), позволяющей также определить класс опасности вещества.

В общедоступной литературе сведения о потенциальных токсических свойствах МЕ для разработки гигиенического норматива представлены недостаточно; полностью отсутствуют классификационные критерии по параметрам токсичности при ингаляционном воздействии.

Согласно регламенту Европейского Союза CLP МЕ присвоен класс 4 по острой пероральной токсичности (Acute Toxicity Oral). Токсичность при ингаляционном воздействии не изучена, не определены величины среднесмертельных доз/концентраций.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы являлось установление параметров токсикометрии ФС МЕ при однократном внутрижелудочном введении и ингаляционном воздействии на мышей и крыс, а также определение способности проявлять кумулятивные свойства в субхроническом опыте при повторном внутрижелудочном введении крысам.

Исследование выполнено в отделе экспериментальной медицины и фармации государственного предприятия «НПЦ ЛОТИОС» согласно утвержденным стандартным операционным процедурам, в соответствии с требованиями ТКП 125–2008 [1] и инструкции 1.1.11–12–206–2003 [2].

Объектами исследований служили: ФС МЕ (производитель IPCA Laboratories Limited, Индия), аутбредные белые мыши (10–12-недельного возраста) и крысы линии Вистар (10–12-недельного возраста) обоих полов, полученные из вивария ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси».

Животных содержали в поликарбонатных клетках в условиях контролируемой окружающей среды (температура 18–22 °С, влажность 40–75 %, с соблюдением 12-часового цикла день/ночь). Кормление животных осуществляли согласно рациону, разработанному на основании ГОСТ 33215–2014, грызуны имели постоянный доступ к питьевой воде, качество которой соответствовало установленным требованиям.

Манипуляции с грызунами проводили в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей [3].

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью лицензионного пакета программ GraphPad Prism 7.0 методами параметрической статистики, различия считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ . Среднесмертельные дозы/концентрации ( $LD_{50}/CL_{50}$ ) определяли методом пробит-анализа с использованием программы StatPlus.

#### ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ФС МЕ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ ВВЕДЕНИИ

При изучении острой токсичности ФС МЕ при внутрижелудочном введении мышам использовали 2%-ные, крысам — 10%-ные водные растворы субстанции. За 12 часов до начала эксперимента животных лишали корма. Введение растворов исследуемой ФС осуществляли с помощью атравматической иглы. Экспериментальные группы животных формировали случайно, с учетом пола (таблица 1).

Таблица 1 — Схема формирования экспериментальных групп при внутрижелудочном введении ФС МЕ

Вид животных/ пол/количество	Мыши		Крысы	
	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)
Доза ФС МЕ	Интактные	Интактные	Интактные	Интактные
	100 мг/кг	100 мг/кг	500 мг/кг	500 мг/кг
	200 мг/кг	200 мг/кг	750 мг/кг	750 мг/кг
	300 мг/кг	300 мг/кг	1000 мг/кг	1000 мг/кг
	400 мг/кг	400 мг/кг	1250 мг/кг	1250 мг/кг

После введения ФС МЕ проводили клинический осмотр на протяжении всего периода наблюдений (14 суток): в первые сутки — через 1, 5, 30 и 60 минут, 4 и 6 часов; в последующем — 1 раз в день. Массу тела определяли до начала эксперимента, через 7 и 14 суток после введения исследуемой ФС. Осуществляли вскрытие павших животных, а также выживших к окончанию эксперимента (после эвтаназии ингаляцией  $CO_2$ ), с визуальным осмотром и взвешиванием внутренних органов (головной мозг, сердце, легкие, печень, желудок, селезенка, почки, тимус, надпочечники).

Интенсивность клинических проявлений интоксикации находилась в прямой зависимости от вводимой дозы исследуемой ФС, при этом симптомы для всех грызунов обоего пола были однотипны: регистрировались в первые 4 часа после введения, постепенно нарастая от угнетения и затруднения дыхания к судорогам и гибели. Процент выживаемости и другие показатели токсикометрии ФС МЕ приведены в таблице 2.

При вскрытии павших животных и выведенных из эксперимента в ходе запланированной некропсии видимые патоморфологические изменения обнаружены не были. Значения относительной массы внутренних органов животных опытных групп не отличались от зарегистрированных у интактных мышей и крыс.

Однократное пероральное введение растворов ФС МЕ не оказывало статистически достоверного влияния на прирост массы тела экспериментальных животных обоих видов вне зависимости от пола, по сравнению с контролем.

Рассчитанные  $LD_{50}$  при однократном внутрижелудочном введении ФС МЕ мышам и крысам позволяют отнести исследуемую субстанцию к 3-му классу опасности (умеренно опасные) по ГОСТ 12.1.007–76 [4].

#### ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ФС МЕ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВВЕДЕНИИ

Целью исследования являлось изучение общетоксического действия, в т. ч. определение среднесмертельной концентрации ( $CL_{50}$ ) ФС МЕ при ингаляционном поступлении в организм лабораторных грызунов.

Для проведения исследований ФС МЕ использовали в исходном состоянии в виде порошка. Ингаляционное воздействие осуществляли с помощью распылителя твердых частиц RBG 1000 (Palas, Германия) непрерывно в течение 2 часов для мышей и 4 — для крыс.

Экспериментальных животных случайно разделяли на группы и подвергали ингаляционному воздействию исследуемой ФС в различных концентрациях (таблица 3), диапазон которых рассчитывали согласно инструкции 1.1.11–12.206.2003 [2].

Таблица 2 — Показатели токсикометрии у лабораторных животных при внутрижелудочном введении ФС МЕ

Вид животных	Пол	Доза, мг/кг	Наблюдавшийся эффект, погибло/выжило	LD <sub>16</sub> , мг/кг	LD <sub>50</sub> , мг/кг с доверит. границами (при p < 0,05)	LD <sub>84</sub> , мг/кг
Мыши	♂	100	0/5	190,75	273,07 ± 36,81 (189,79 ÷ 356,34)	355,38
		200	1/4			
		300	3/2			
		400	5/0			
	♀	100	0/5	190,75	273,07 ± 36,81 (189,79 ÷ 356,34)	355,38
		200	1/4			
		300	3/2			
		400	5/0			
Крысы	♂	500	0/5	726,88	932,66 ± 92,03 (724,48 ÷ 1140,85)	1138,45
		750	1/4			
		1000	3/2			
		1250	5/0			
	♀	500	0/5	726,88	932,66 ± 92,03 (724,48 ÷ 1140,85)	1138,45
		750	1/4			
		1000	3/2			
		1250	5/0			

Таблица 3 — Схема формирования экспериментальных групп животных при ингаляционном воздействии ФС МЕ

Вид животных/ пол/ количество	Мыши		Крысы	
	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)
Доза ФС МЕ	Интактные	Интактные	Интактные	Интактные
	100 мг/м <sup>3</sup>	100 мг/м <sup>3</sup>	100 мг/м <sup>3</sup>	100 мг/м <sup>3</sup>
	2000 мг/м <sup>3</sup>	2000 мг/м <sup>3</sup>	2000 мг/м <sup>3</sup>	2000 мг/м <sup>3</sup>
	10 000 мг/м <sup>3</sup>			
	20 000 мг/м <sup>3</sup>			

После ингаляционного воздействия за животными осуществляли наблюдение в течение двух недель: регистрировали выживаемость, проводили внешний осмотр, отмечали поведенческие реакции и другие общепринятые показатели оценки общего состояния, начиная с 5 минут после ингаляции ФС МЕ, далее — через 30, 60 минут, 4 и 6 часов, а также на 2-е и 15-е сутки эксперимента. Массу тела определяли до начала эксперимента, через 7 и 14 суток после ингаляции исследуемой ФС. Осуществляли вскрытие животных (после эвтаназии ингаляцией CO<sub>2</sub>), с визуальным осмотром и взвешиванием основных внутренних органов жизнеобеспечения (головной мозг, сердце, легкие, печень, желудок, селезенка, почки, тимус, надпочечники).

Половых различий на действие субстанции не зарегистрировано, поведение животных — в основном без изменений (у мышей фиксировали замедленную двигательную активность). Двухчасовое ингаляционное воздействие ФС МЕ на мышей и крыс не вызывало статистически достоверных изменений динамики массы тела, структуры внутренних органов (макроскопически) и их относительной массы. Рассчитанные значения CL<sub>50</sub> при ингаляционном воздействии ФС МЕ на мышей и крыс (таблица 4) позволяют отнести исследуемую субстанцию к 3-му классу опасности (умеренно опасные) — по ГОСТ 12.1.007–76 [4].

В процессе эксперимента гибель самцов и самок крыс при ингаляционном воздействии ФС МЕ в дозах 100 мг/м<sup>3</sup>, 2000 мг/м<sup>3</sup>, 10 000 мг/м<sup>3</sup> и 20 000 мг/м<sup>3</sup> не зарегистрирована, поэтому рассчитать значение CL<sub>50</sub> не представлялось возможным.

Таблица 4 — Показатели токсикометрии у лабораторных животных при ингаляционном воздействии ФС МЕ

Вид животных	Пол	Доза, мг/кг	CL <sub>16</sub> , мг/м <sup>3</sup>	CL <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> с доверит. границами (при p < 0,05)	CL <sub>84</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Мыши	♂ и ♀	100	17 852,82	41 246,61 ± 14 795,53 (28 277,75 ÷ 54 215,46)	64 640,40
		2000			
		10 000			
		20 000			

### КУМУЛЯТИВНЫЕ СВОЙСТВА ФС МЕ ПРИ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ ВВЕДЕНИИ В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Были сформированы 2 экспериментальные серии крыс (по 10 самцов и 10 самок в каждой). Грызунам ежедневно на протяжении 56 дней внутрижелудочно вводили ФС МЕ в виде 3%-ного водного раствора. Суточная доза составила для самцов и самок 93,3 мг/кг и была рассчитана исходя из данных, полученных при однократном внутрижелудочном введении исследуемой субстанции крысам, а также с учетом рекомендаций, изложенных в инструкции по гигиеническому нормированию лекарственных средств (метод Ю. С. Кагана и В. В. Станкевича); коэффициент кумуляции — по классификации Л. И. Медведя [2]. Животным контрольной группы никаких введений не осуществляли.

Экспериментальная программа включала: ежедневный клинический осмотр, учет поведенческих реакций, взвешивание один раз в неделю. Выведение крыс из эксперимента проводили на 57-й день исследования под наркозом 2%-ным раствором натрия тиопентала внутривенно в дозе 40 мг/кг. Предварительно у грызунов брали образцы мочи и крови (для общего и биохимического анализа). В течение всего периода наблюдений не регистрировали гибели животных, получивших суммарную дозу ФС МЕ 5224,8 мг/кг или 5,6 LD<sub>50</sub>. Проявление клинических признаков интоксикации у животных опытных серий не зарегистрировано.

По результатам общего и биохимического анализа крови у самцов крыс, получавших ФС МЕ, наблюдали статистически достоверное повышение процентного содержания гранулоцитов — на 30,99% и снижение процентного содержания лимфоцитов — на 21,54%; увеличение содержания креатинина и уменьшение значений показателя протромбинового времени по отношению к интактным животным. У самок крыс опытной и контрольной серий достоверных различий в изучаемых показателях в ходе проведенных исследований не наблюдалось. Общий анализ мочи экспериментальных животных не выявил существенных различий между сериями. Анализ прироста и абсолютной массы тела самцов и самок крыс, а также макроскопическое исследование внутренних органов не показали достоверных сдвигов значений данных показателей по сравнению с интактными животными. Относительная масса отдельных внутренних органов в опытной группе у самцов незначительно отличалась от соответствующих значений в группе интактных животных, однако при вскрытии видимых патоморфологических изменений в их строении не отмечалось.

Поскольку гибель животных при внутрижелудочном введении ФС МЕ отсутствовала, рассчитать величину коэффициента кумуляции  $K_{cum}$  не представлялось возможным, что позволяет сделать вывод о наличии у нее слабых кумулятивных свойств по смертельным эффектам.

Обобщая полученные результаты, можно сделать заключение, что ФС МЕ относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности [4]) и обладает слабыми кумулятивными свойствами.

### Литература

1. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008 (02 040). — Введ. 28.03.2008. — Минск: М-во здравоохранения Республики Беларусь, 2008. — 35 с.
2. Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов: инструкция 1.1.11–12–206–2003: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь 30.12.2003 № 206 // Коммун. гигиена: сб. норм. док. / РЦГЭиОЗ. — Минск, 2003. — Ч. 2. — 51 с.
3. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ETS № 123 / Совет Европы (Страсбург, 18 марта 1986 г.). — Страсбург, 1986. — 13 с.
4. Вредные вещества. Классификация и общие требования: ГОСТ 12.1.007–76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 8 с.

Поступила 13.09.2022

# ХАРАКТЕРИСТИКА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ СУМАТРИПТАНА СУКЦИНАТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСТРОЙ И СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

*Власенко Е.К., к.б.н., lotios@yandex.ru,  
Гапанович В.Н., д.м.н., профессор, lotios@yandex.ru,  
Андреев С.В., к.б.н., lotios@yandex.ru,  
Парахня Е.В., lotios@yandex.ru,  
Елисеенко А.Н., lotios@yandex.ru,  
Лейкина В.Д., lotios@yandex.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр ЛОТИОС», г. Минск, Республика Беларусь

Современная инновационная платформа управления оборотом химических веществ включает два взаимодополняемых процесса. Первый направлен на селективное внедрение в практику только полезной, безопасной для человека и экологически приемлемой фармацевтической продукции, второй — на обоснование и проведение мероприятий, направленных на защиту здоровья человека и среды его обитания еще на стадии проектирования/разработки лекарственных препаратов (далее — ЛП) и/или процессов их производства.

Для безопасного с гигиенических позиций производства ЛП необходимы проведение полной токсикологической оценки с обоснованием гигиенических регламентов содержания субстанций в воздухе рабочей зоны и атмосферы и разработка современного метода контроля за безопасными уровнями воздействия химического вещества на человека.

Суматриптан сукцинат — соль, полученная реакцией суматриптана с одним эквивалентом янтарной кислоты, входит в класс соединений триптана. Селективно связывается и активирует серотониновые 5-HT<sub>1</sub> рецепторы, что приводит к сужению менингеальных, дуральных, церебральных или пиаальных кровеносных сосудов посредством стимуляции рецепторов 5-HT<sub>1B</sub>, а это в свою очередь облегчает симптомы мигрени.

В Республике Беларусь не проведено обоснование предельно допустимых концентраций и классов опасности фармацевтической субстанции суматриптана сукцинат (далее — ФС СМ) в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе, а также отсутствуют метрологически аттестованные и внесенные в реестр Госстандарта Республики Беларусь методики измерений концентраций данного вещества в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы являлось изучение параметров токсикометрии ФС СМ при однократном внутрижелудочном введении и ингаляционном воздействии на белых мышах и крысах, а также определение способности проявлять кумулятивные свойства в субхроническом опыте при повторном внутрижелудочном введении белым крысам.

Исследование выполнено в отделе экспериментальной медицины и фармации государственного предприятия «НПЦ ЛОТИОС» согласно утвержденным стандартным операционным процедурам, в соответствии с требованиями ТКП 125–2008 [1] и инструкции 1.1.11–12–206–2003 [2].

Объектами исследований служили ФС СМ (производства Smilax Laboratories Limited, Индия), белые мыши и крысы обоих полов. Манипуляции с грызунами проводили в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и иных научных целей [3].

Для изучения острой токсичности использовали аутбредных белых мышей (10–12-недельного возраста) и крыс линии Вистар (14–16-недельного возраста) обоих полов, для изучения кумулятивных свойств ФС СМ — белых крыс линии Вистар, полученных из вивария ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси».

Животных содержали в поликарбонатных клетках в условиях контролируемой окружающей среды (температура 18–22 °С, влажность 40–75 %, с соблюдением 12-часового цикла день/ночь). Кормление животных осуществляли согласно рациону, разработанному на основании ГОСТ 33215–2014, грызуны имели постоянный доступ к питьевой воде, качество которой соответствовало установленным требованиям.

Статистическую обработку данных проводили с помощью лицензионного пакета программ GraphPad Prism 7.0 методами параметрической статистики, различия считали достоверными при

уровне значимости  $p < 0,05$ . Среднесмертельные дозы/концентрации ( $LD_{50}/CL_{50}$ ) определяли методом пробит-анализа с использованием программы StatPlus.

### ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ФС СМ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ ВВЕДЕНИИ

При изучении острой токсичности ФС СМ при внутрижелудочном введении мышам и крысам была использована 20%-ная суспензия субстанции, приготовленная на воде, очищенной в 1,0%-ном крахмальном геле.

Введение суспензии осуществляли с помощью атравматической иглы. Для исследования из 50 животных каждого вида (25♂ и 25♀) были сформированы экспериментальные группы в зависимости от дозировки исследуемой ФС СМ (таблица 1).

Таблица 1 — Схема формирования экспериментальных групп при внутрижелудочном введении ФС СМ

Вид животных / пол / количество	Мыши		Крысы	
	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)
Доза ФС СМ	Интактные	Интактные	Интактные	Интактные
	2000 мг/кг	2000 мг/кг	5000 мг/кг	5000 мг/кг
	4000 мг/кг	4000 мг/кг	6500 мг/кг	6500 мг/кг
	6000 мг/кг	6000 мг/кг	8000 мг/кг	8000 мг/кг
	8000 мг/кг	8000 мг/кг	9500 мг/кг	9500 мг/кг

После введения исследуемой субстанции проводили клинический осмотр на протяжении всего периода наблюдений (14 суток): в первые сутки — через 1, 5, 30 и 60 минут, 4 и 6 часов, в последующем — 1 раз в день. Массу тела определяли до начала эксперимента, через 7 и 14 суток после введения ФС СМ. Павших животных, а также выживших к окончанию эксперимента животных вскрывали (после эвтаназии ингаляцией  $CO_2$ ), осуществляли визуальный осмотр и взвешивание основных внутренних органов жизнеобеспечения (головной мозг, сердце, легкие, печень, желудок, селезенка, почки, тимус, надпочечники).

Интенсивность клинических проявлений интоксикации находилась в прямой зависимости от вводимой дозы ФС СМ, при этом симптомы для всех грызунов были схожи: наступали в первые 6 часов после введения, постепенно нарастая от угнетения и затруднения дыхания к судорогам и гибели. Процент выживаемости и другие показатели токсикометрии ФС СМ приведены в таблице 2.

При вскрытии павших животных и выведенных из эксперимента в ходе запланированной некропсии выпот в брюшной и грудной полостях отсутствует. Внутренние органы — без видимых повреждений, париетальный и висцеральный листки плевры и брюшины тонкие, блестящие, гладкие.

Относительная масса органов у животных опытных групп не отличалась от значений соответствующего показателя в группах интактных мышей и крыс.

Однократное внутрижелудочное введение суспензии ФС СМ не оказывало статистически достоверного влияния на прирост абсолютной массы тела у мышей и крыс опытных групп по сравнению с аналогичной динамикой по ходу эксперимента у интактных животных.

Рассчитанные  $LD_{50}$  при однократном внутрижелудочном введении ФС СМ мышам и крысам позволяют отнести ее к 4-му классу опасности (малоопасные) по ГОСТ 12.1.007–76 [4].

### ОСТРАЯ ТОКСИЧНОСТЬ ФС СМ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ИНГАЛЯЦИОННОМ ВВЕДЕНИИ

Цель исследования — изучение общетоксического действия, в т.ч. определение среднесмертельной концентрации ( $CL_{50}$ ) ФС СМ при ингаляционном поступлении в организм лабораторных грызунов.

Для проведения испытания ФС СМ использовалась в исходном состоянии в виде порошка. Ингаляцию животным осуществляли с помощью распылителя твердых частиц RBG 1000 (Palas, Германия), распыление препарата происходило непрерывно в течение 2 часов для мышей и 4 — для крыс.

Животных (50 мышей и крыс, с учетом пола) случайно разделили на экспериментальные группы по 5 животных: 4 опытные и одну контрольную. Животных опытных групп подвергали ингаляционному воздействию исследуемой субстанции в различных дозах (таблица 3), контрольной группе никаких воздействий не проводили.

Диапазон концентрации ФС СМ для ингаляционного воздействия на животных высчитывали согласно инструкции 1.1.11–12.206.2003 [2].

Таблица 2 — Показатели токсикометрии у лабораторных грызунов при внутрижелудочном введении ФС СМ

Вид животных	Пол	Доза, мг/кг	Выживаемость, %	LD <sub>16</sub> , мг/кг	LD <sub>50</sub> , мг/кг с доверит. границами (при p < 0,05)	LD <sub>84</sub> , мг/кг
Мыши	♂	2000	100	3546,63	5381,78 ± 1161,28 (4363,87 ± 6399,69)	7217,93
		4000	80			
		6000	40			
		8000	0			
	♀	2000	100	3252,63	4829,12 ± 997,06 (3955,16 ± 5703,08)	6405,61
		4000	80			
		6000	0			
		8000	0			
Крысы	♂	5000	100	6611,33	9233,67 ± 1658,51 (7779,92 ± 10 687,51)	11 856,00
		6500	80			
		8000	80			
		9500	40			
	♀	5000	100	6331,68	7861,63 ± 967,62 (7013,47 ± 8709,79)	9391,57
		6500	80			
		8000	60			
		9500	0			

Таблица 3 — Схема формирования экспериментальных групп животных при ингаляционном введении ФС СМ

Вид животных / пол	Мыши		Крысы	
	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)
Доза ФС СМ	Интактные	Интактные	Интактные	Интактные
	10 000 мг/м <sup>3</sup>			
	15 000 мг/м <sup>3</sup>			
	20 000 мг/м <sup>3</sup>			
	25 000 мг/м <sup>3</sup>			

Таблица 4 — Показатели токсикометрии у лабораторных животных при ингаляционном воздействии ФС СМ

Вид животных	Пол	Доза, мг/кг	Выживаемость, %	CL <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	CL <sub>16</sub> , мг/м <sup>3</sup>	CL <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup> с доверит. границами (при p < 0,05)	CL <sub>84</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Мыши	♂	10 000	100	29 310,55	19 568,35	29 310,55 ± 6161,51 (23 909,75 ± 34 711,36)	39 052,76
		15 000	100				
		20 000	100				
		25 000	60				
	♀	10 000	100	27 883,17	18 252,82	27 883,17 ± 6090,76 (22 544,39 ± 33 221,96)	37 513,51
		15 000	100				
		20 000	80				
		25 000	60				
Крысы	♂ и ♀	10 000	100	< 25 000	-	-	-
		15 000	100				
		20 000	100				
		25 000	100				

После ингаляционного воздействия за грызунами было установлено наблюдение в течение двух недель: регистрировали выживаемость, проводили внешний осмотр, отмечали поведенческие реакции и другие общепринятые показатели оценки общего состояния, начиная с 5 минут после ингаляции ФС СМ, далее — через 30, 60 минут, 4 и 6 часов и на 2-е и 14-е сутки эксперимента.

После ингаляционного воздействия исследуемой субстанции не отмечено гибели экспериментальных крыс, поэтому рассчитать значение  $CL_{50}$  не представлялось возможным. Гибель мышей регистрировали при воздействии ФС СМ в концентрациях 20 000 и 25 000 мг/м<sup>3</sup>, что позволило рассчитать соответствующие величины  $CL_{50}$ ,  $CL_{16}$ ,  $CL_{84}$  (таблица 4). Типичными клиническими признаками интоксикации у животных, подвергшихся ингаляционному воздействию ФС СМ, были следующие: угнетение, тахипноэ, замедленная двигательная активность, кровянистые выделения из носа. При некропии у павших и вынужденно умерщвленных грызунов видимых патоморфологических изменений органов и тканей не обнаружено.

Рассчитанная  $CL_{50}$  при ингаляционном введении ФС СМ лабораторным мышам позволяет отнести ее к 3-му классу опасности (умеренно опасные) по ГОСТ 12.1.007–76 [4].

Статистический анализ массы тела самцов и самок мышей через 14 суток после однократного 2-часового ингаляционного воздействия ФС СМ в изучаемых дозах выявил достоверное увеличение значения данного показателя у самок, получавших субстанцию в концентрации 10 000 мг/м<sup>3</sup> — на 7,33% по сравнению с интактными животными. Отмечено статистически достоверное увеличение относительной массы печени самцов мышей при воздействии ФС СМ в концентрациях 10 000 мг/м<sup>3</sup>, 15 000 мг/м<sup>3</sup>, 20 000 мг/м<sup>3</sup> — на 22,00%, 20,98% и 20,77% соответственно, а также повышение на 66,67% значений весового коэффициента надпочечников самок мышей при уровне воздействия 25 000 мг/м<sup>3</sup>. При анализе данных прироста массы тела у крыс достоверных изменений в динамике показателя по сравнению с контролем не происходило. В свою очередь в течение периода наблюдений после 4-часового ингаляционного воздействия ФС СМ у крыс зарегистрированы изменения относительной массы отдельных органов: для самцов было характерно статистически достоверное увеличение на 67,74% относительной массы селезенки при введении исследуемого вещества в концентрации 10 000 мг/м<sup>3</sup>, для самок — снижение ( $p < 0,05$ ) относительной массы печени — на 11,84% и 11,40% для концентраций 15 000 мг/м<sup>3</sup> и 25 000 мг/м<sup>3</sup> соответственно по сравнению с интактными животными.

#### КУМУЛЯТИВНЫЕ СВОЙСТВА ФС СМ ПРИ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ ВВЕДЕНИИ В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Для проведения исследования 20 самцов и 20 самок крыс разделили по принципу аналогов на экспериментальную и контрольную группы по 10 животных в каждой. Грызунам ежедневно на протяжении 56 дней внутрижелудочно вводили ФС СМ в виде 20%-ной суспензии субстанции, приготовленной на воде, очищенной в 1,0%-ном крахмальном геле.

Доза субстанции, введенная самцам, составила 923,4 мг/кг, самкам — 786,2 мг/кг. Дозировка рассчитывалась исходя из данных, полученных при однократном внутрижелудочном введении крысам ФС СМ, и в соответствии с рекомендациями, изложенными в инструкции по гигиеническому нормированию лекарственных средств (метод Ю. С. Кагана и В. В. Станкевича); коэффициент кумуляции — по классификации Л. И. Медведя [2]. Животным контрольной группы никаких введений не осуществляли.

Экспериментальная программа включала: ежедневный клинический осмотр, учет поведенческих реакций, взвешивание один раз в неделю. Выведение крыс из эксперимента проводили на 57-й день исследования под внутривенным наркозом (2%-ный раствор натрия тиопентала, 40 мг/кг). Предварительно у грызунов брали образцы мочи и крови (для общего и биохимического анализов). В течение всего периода наблюдений клинических признаков интоксикации и гибели животных не регистрировалось.

Анализируя влияние длительного введения ФС СМ на прирост массы тела крыс было отмечено статистически достоверное снижение значений данного показателя у самцов на 2-й неделе эксперимента — на 26,7% по сравнению с интактным контролем; в дальнейшем никаких различий в динамике показателя зарегистрировано не было. У самок достоверных различий в приросте массы тела относительно контрольной группы животных за весь период наблюдений не выявлено.

При исследовании цитологических показателей периферической крови и проведении общего анализа мочи у грызунов установлено, что внутрижелудочное поступление ФС СМ не оказывало существенного влияния на гомеостаз внутренней среды организма экспериментальных животных. Хотя значения ряда показателей и отличались несущественно от зарегистрированных у интактных животных, тем не менее они находились в пределах физиологической нормы для данного вида жи-

вотных, что свидетельствует об отсутствии у исследуемой субстанции выраженных токсических свойств. Относительная масса отдельных органов у грызунов опытных групп незначительно отличалась от контрольных значений, однако при вскрытии видимых патоморфологических изменений не отмечалось.

Поскольку при внутрижелудочном введении ФС СМ гибель животных отсутствовала, то рассчитать величину коэффициента кумуляции  $K_{cum}$  не представляется возможным, что позволяет сделать вывод о слабых кумулятивных свойствах исследуемого вещества.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что ФС СМ относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности [4]) и обладает слабыми кумулятивными свойствами.

### Литература

1. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008 (02 040). — Введ. 28.03.2008. — Минск: М-во здравоохранения Республики Беларусь, 2008. — 35 с.
2. Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов: инструкция 1.1.11–12–206–2003: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь 30.12.2003 № 206 // Коммун. гигиена: сб. норм. док. / РЦГЭиОЗ. — Минск, 2003. — Ч. 2. — 51 с.
3. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ETS № 123 / Совет Европы (Страсбург, 18 марта 1986 г.). — Страсбург, 1986. — 13 с.
4. Вредные вещества. Классификация и общие требования: ГОСТ 12.1.007–76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 8 с.

Поступила 13.09.2022

## ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА ГЕМИГИДРАТ В ОСТРЫХ ОПЫТАХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПУТЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОРГАНИЗМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

*Гапанович В.Н., д.м.н., профессор., lotios@yandex.by,  
Андреев С.В., к.б.н., lotios@yandex.by,  
Власенко Е.К., к.б.н., lotios@yandex.by,  
Усова В.С., lotios@yandex.by,  
Бердина Е.Л., lotios@yandex.by,  
Кизино Т.Ф., lotios@yandex.by,  
Климович О.М., lotios@yandex.by,  
Васильева Е.Н., lotios@yandex.by,  
Парахня Е.В., lotios@yandex.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр ЛОТИОС», г. Минск,  
Республика Беларусь

В целях создания условий, необходимых для безусловного соблюдения принципов надлежащей производственной практики при организации производства лекарственных препаратов (далее — ЛП), гарантирующих нормативное качество продукции и безопасные условия в ходе ее изготовления, перед профилактической медициной как фундаментальной и прикладной наукой стоят задачи по всестороннему изучению поступающих в обращение химических веществ — ведущих факторов риска неблагоприятного воздействия на население, производственную и социальную инфраструктуру.

Успешное развитие отечественной фармацевтической промышленности не только зависит от расширения номенклатуры выпускаемых ЛП, но и требует детального исследования их влияния на организм человека, оценки реальной опасности с обязательным установлением предельных допустимых уровней воздействия.

В Республике Беларусь на законодательном уровне закреплена обязанность работодателя по обеспечению охраны труда работников фармацевтических производств, реализуемая в том числе через

осуществление контроля за уровнями и концентрациями вредных производственных факторов. При этом запрещаются размещение, проектирование, строительство, реконструкция, а также эксплуатация объектов, в составе выбросов которых присутствуют загрязняющие вещества, не имеющие утвержденных в установленном порядке гигиенических нормативов. Тем не менее в настоящее время в нашей стране не проведена формализация обоснования предельно допустимых концентраций и классов опасности фармацевтической субстанции левофлоксацина гемигидрат (далее — ФС ЛФ) в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе, а также отсутствуют метрологически аттестованные и внесенные в реестр Госстандарта Республики Беларусь методики измерений концентраций данного вещества в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе.

Таким образом, целью данной работы являлось изучение параметров токсикометрии ФС ЛФ при однократном внутрижелудочном или ингаляционном воздействии, а также способности оказывать местно-раздражающее и ирритативное действие на организм лабораторных животных.

Исследования выполнены в отделе экспериментальной медицины и фармации государственного предприятия «НПЦ ЛОТИОС» согласно утвержденным стандартным операционным процедурам, в соответствии с требованиями ТКП 125–2008 [1], инструкций 1.1.11–12–206–2003 [2] и 1.1.11–12–35–2004 [3].

Левофлоксацин (эмпирическая формула:  $C_{18}H_{20}FN_3O_4$ , молекулярная масса — 361,368 г/моль, CAS № 100986–85–4) — синтетическое химиотерапевтическое средство, фторированный карбоксихинолон (группа фторхинолонов), свободный от примесей S-энантиомер рацемического соединения — офлоксацина. Данный антибиотик впервые появился на фармацевтическом рынке Японии в 1993 г., в других странах широкое применение началось с 1997 г. Относится к фармакологической группе хинолонов/фторхинолонов, офтальмологических средств. Фармакологическое действие — бактерицидное, антибактериальное широкого спектра.

С начала применения в медицинской практике левофлоксацина за 25 лет собран материал, убедительно свидетельствующий о его терапевтической эффективности, подтверждены его высокая активность в отношении возбудителей респираторных инфекционных заболеваний, оптимальные фармакокинетические характеристики, доказана хорошая переносимость.

Объектом исследований являлась ФС ЛФ производства ZHEJIANG STARRY PHARMACEUTICAL CO. LTD, Китай, внешний вид — кристаллический порошок светло-желтого цвета, растворим в диметилсульфоксиде, умеренно растворим в воде, метаноле.

При изучении острой токсичности использовали аутбредных белых мышей (10–12-недельного возраста) и крыс линии Вистар (14–16-недельного возраста) обоих полов; местно-раздражающего действия — крыс-самцов линии Вистар (в возрасте 14–16 недель), полученных из вивария ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси»; ирритативного действия — кроликов Шиншилла (возрастом 4–6 месяцев), поставляемых коммерческими разводчиками в сопровождении с ветеринарным свидетельством установленного образца. Животных содержали при температуре окружающего воздуха 20–24 °С (грызуны) и 15–21 °С (негрызуны), а также относительной влажности 45–65 % (грызуны) и не менее 45 % (негрызуны). Кормление осуществляли согласно рациону, разработанному на основании ГОСТ 33215–2014, животные имели постоянный доступ к питьевой воде, качество которой соответствовало установленным требованиям. В помещениях содержания поддерживали 12-часовой цикл освещения. Обращение с животными соответствовало этическим принципам надлежущей лабораторной практики и Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях [1, 4].

Статистическую обработку данных, полученных в ходе исследований, проводили с помощью лицензионного пакета программ GraphPad Prism 7.0, различия считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ . Расчет среднесмертельных доз ( $LD_{50}/CL_{50}$ ) осуществляли методом пробит-анализа с использованием программы StatPlus.

## ИЗУЧЕНИЕ ОСТРОЙ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФС ЛФ НА МЫШАХ И КРЫСАХ

Исследование острой внутрижелудочной токсичности проведено на 50 (25 ♂ и 25 ♀) аутбредных мышях и крысах линии Вистар возрастом 10–12 и 14–16 недель соответственно. Были сформированы по 4 экспериментальные серии мышей и крыс (по 5 ♂ и 5 ♀ в каждой), схема представлена в таблице 1.

Введение исследуемой субстанции осуществляли внутрижелудочно в виде 5%-ной (для мышей) и 20%-ной (для крыс) суспензии в 1%-ном крахмальном геле, точно пересчитывая объем в зависимости от массы тела животного. Отдельно формировали контрольную серию животных (5 ♀ и 5 ♂),

которые получали 1%-ный крахмальный гель, используемый для приготовления суспензии ФС ЛФ для введения в максимальной из изученных доз.

Таблица 1 — Схема формирования групп животных в эксперименте при внутрижелудочном введении ФС ЛФ

Вид животных / пол / количество	Крысы		Мыши	
	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)
Доза ФС ЛФ	Контроль	Контроль	Контроль	Контроль
	3000 мг/кг	3000 мг/кг	1000 мг/кг	1000 мг/кг
	4000 мг/кг	4000 мг/кг	1500 мг/кг	1500 мг/кг
	5000 мг/кг	5000 мг/кг	2000 мг/кг	2000 мг/кг
	6000 мг/кг	6000 мг/кг	2500 мг/кг	2500 мг/кг

В различные временные интервалы исследования отслеживались клинические признаки интоксикации у животных: в первые сутки через 1–5–30–60 минут, 4 и 6 часов; в последующем — 1 раз в день. Установлено, что интенсивность клинических проявлений интоксикации нарастала в прямой зависимости от введенной дозы ФС ЛФ. Развитие симптомов интоксикации было однотипным для мышей и крыс обоих полов всех опытных серий, достигая максимума в первые 4–6 часов после введения исследуемой субстанции. Так, замедленная/пассивная двигательная активность в течение первых 30 минут наблюдалась у животных (мыши) всех опытных групп, а также у крыс, получавших ФС ЛФ в высоких дозировках. У животных контрольной серии признаки интоксикации зарегистрированы не были. Полученные значения показателей токсикометрии представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Показатели токсикометрии при пероральном введении ФС ЛФ

Вид животных	Пол	Доза, мг/кг	Наблюдавшийся эффект, погибло/выжило	LD <sub>50</sub> , мг/кг	LD <sub>16</sub> , мг/кг	LD <sub>84</sub> , мг/кг
Мыши	Самцы	1000	1/4	2282,18 ± 402,95	1007,96	3556,41
		1500	1/4			
		2000	2/3			
		2500	3/2			
	Самки	1000	1/4	2282,18 ± 402,95	1007,96	3556,41
		1500	1/4			
		2000	2/3			
		2500	3/2			
Крысы	Самцы	3000	0/5	5583,12 ± 889,52	4176,66	6989,58
		4000	0/5			
		5000	2/3			
		6000	3/2			
	Самки	3000	0/5	5499,00 ± 1050,36	3838,23	7159,76
		4000	1/4			
		5000	2/3			
		6000	3/2			

Половые различия на действие субстанции (увеличение гибели особей одного пола на 20%) отсутствовали. В соответствии с данными абсолютной и относительной массы внутренних органов грызунов (головной мозг, тимус, сердце, легкие, печень, почки, селезенка, надпочечники, желудок), полученными после вскрытия животных, можно судить об отсутствии негативного влияния ФС ЛФ на основные органы жизнеобеспечения в сравнении с контрольной серией животных, что подтверждается и результатами макроскопических исследований.

Расчитанное значение LD<sub>50</sub> при однократном внутрижелудочном введении ФС ЛФ составило 2282,18 мг/кг (для мышей обоих полов), 5583,12 мг/кг (для крыс-самцов) и 5499,00 мг/кг (для крыс-самок), что позволяет отнести исследуемое вещество к 3-му (умеренно опасные) классу опасности при введении в желудок согласно ГОСТ 12.1.007–76 [5].

### ИЗУЧЕНИЕ ОСТРОЙ ИНГАЛЯЦИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ НА МЫШАХ И КРЫСАХ

Исследование по изучению острой ингаляционной токсичности было проведено на 50 (25 ♂ и 25 ♀) аутбредных мышях и крысах линии Вистар возрастом 10–12 недель. По аналогии с выше-описанным экспериментом были сформированы 4 опытные серии мышей и крыс (по 5 ♂ и 5 ♀ в каждой), а также контрольная, согласно схеме, приведенной в таблице 3.

Таблица 3 — Схема формирования групп животных в эксперименте при изучении ингаляционного воздействия ФС ЛФ

Вид животных / пол / количество	Крысы		Мыши	
	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)	♂ (5 гол.)	♀ (5 гол.)
Доза ФС ЛФ	Интактные	Интактные	Интактные	Интактные
	5000 мг/кг	5000 мг/кг	5000 мг/кг	5000 мг/кг
	10 000 мг/кг	10 000 мг/кг	10 000 мг/кг	10 000 мг/кг
	15 000 мг/кг	15 000 мг/кг	15 000 мг/кг	15 000 мг/кг
	20 000 мг/кг	20 000 мг/кг	20 000 мг/кг	20 000 мг/кг

Расчет диапазона концентраций для оказания ингаляционного воздействия проводился на основании данных, полученных при изучении острой токсичности и определении LD<sub>50</sub> ФС ЛФ при интрагастральном введении животным, а также с учетом зависимости между среднесмертельными концентрациями (CL<sub>50</sub>) при ингаляционном поступлении и LD<sub>50</sub> при пероральном введении и закономерности, используемой для планирования исследований ингаляционной токсичности, полученной при анализе связей между пороговыми значениями острого общетоксического действия (Lim<sub>ac</sub>) при ингаляционном воздействии в мг/м<sup>3</sup> и LD<sub>50</sub> при пероральном поступлении.

Ингаляционное воздействие осуществляли с помощью специализированного оборудования — распылителя твердых частиц серии RBG 1000 (Palas, Германия). Во время эксперимента животные фиксировались в индивидуальных держателях с носовой насадкой, через которую осуществлялось дыхание. Распылитель твердых частиц (генератор пыли) автоматически поддерживал необходимый для дыхания животных поток воздуха и задавал необходимую концентрацию аэрозоли (пыли). Распыление ФС ЛФ происходило в нативном виде (порошок) непрерывно в течение 2 часов (мыши) и 4 часов (крысы). Продолжительность наблюдений за животными — 14 суток.

Установлено отсутствие клинических признаков интоксикации у животных обоих видов после окончания ингаляционной экспозиции ФС ЛФ в дозах 5000 мг/м<sup>3</sup>, 10 000 мг/м<sup>3</sup>, 15 000 мг/м<sup>3</sup> и 20 000 мг/м<sup>3</sup>. Общее состояние и поведение крыс, а также выживших мышей обоего пола опытных серий было сходно с зарегистрированным у интактных животных. Так как в течение всего периода наблюдений не фиксировали гибели крыс обоих полов, расчет величин CL<sub>50</sub>, CL<sub>16</sub>, CL<sub>84</sub> для данного вида животных не представлялся возможным. Показатели токсикометрии исследуемой субстанции при ингаляционном воздействии на мышей представлены в таблице 4.

Таблица 4 — Параметры острой ингаляционной токсичности ФС ЛФ на мышях обоих полов

Пол	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Наблюдавшийся эффект, погубло/выжило	CL <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	CL <sub>16</sub> , мг/м <sup>3</sup>	CL <sub>84</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Самцы	5000	0/5	13 367,15 ± 2543,16	6402,42	20 331,88
	10 000	2/3			
	15 000	3/2			
	20 000	4/1			
Самки	5000	0/5	11 542,03 ± 2904,25	6950,01	16 134,05
	10 000	2/3			
	15 000	4/1			
	20 000	5/0			

Статистический анализ прироста массы тела животных опытных групп обоих видов через 7 и 14 суток после однократного ингаляционного воздействия ФС ЛФ в концентрациях 5000 мг/м<sup>3</sup>, 10 000 мг/м<sup>3</sup> и 15 000 мг/м<sup>3</sup> не выявил достоверных изменений значений данного показателя по сравнению с животными контрольной серии. На протяжении всего периода наблюдений у животных всех опытных серий отмечался положительный прирост массы тела в сравнении с исходными значениями.

Статистический анализ относительной массы внутренних органов жизнеобеспечения мышей через 14 суток после однократного ингаляционного воздействия ФС ЛФ в концентрации 5000 мг/м<sup>3</sup> выявил достоверное увеличение относительной массы легких на 19,0% (у самцов) и 37,3% (у самок) относительно таковой у интактных животных. Значения относительной массы остальных внутренних органов самцов и самок мышей по сериям эксперимента не отличались от зарегистрированных в контроле. Вне зависимости от используемой концентрации у выживших животных не отмечалось наличия выпота в грудной, спаяк и жидкости в брюшной полости. У крыс при анализе показателей относительной массы внутренних органов статистически достоверных различий с интактными животными обнаружено не было.

Расчитанное методом пробит-анализа значение  $CL_{50}$  при остром ингаляционном воздействии ФС ЛФ составило  $13\,367,15 \pm 2543,16$  мг/м<sup>3</sup> (для мышей-самцов) и  $11\,542,03 \pm 2904,25$  мг/м<sup>3</sup> (для мышей-самок) позволяет отнести ее к 3-му классу опасности (умеренно опасные) согласно ГОСТ 12.1.007–76 [5].

### ИЗУЧЕНИЕ МЕСТНО-РАЗДРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НА КРЫСАХ

В рамках комплексного исследования потенциальное токсическое действие ФС ЛФ было изучено и по проявлению степени раздражающего действия при однократном 4-часовом эпикутанном нанесении на участок кожи спины (4 × 4 см) крыс-самцов (n = 10) линии Вистар в дозе 20 мг/см<sup>2</sup>. Наблюдение за состоянием кожных покровов осуществляли спустя 1 и 16 часов после смыва остатков исследуемой субстанции. Степень выраженности местно-раздражающего действия (отек, эритема) оценивали в баллах с целью проведения классификационной оценки [3].

Суммарный балл выраженности отека и эритемы через 1 час и 16 часов после аппликаций ФС ЛФ оказался равным 0 при отсутствии значимых различий между толщиной кожной складки в области контрольного и опытного участков кожи, что указывает на отсутствие местно-раздражающего действия [3].

### ИЗУЧЕНИЕ ИРРИТАТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ НА КРОЛИКАХ

Для изучения ирритативного действия ФС ЛФ была сформирована экспериментальная группа кроликов (самки, n = 3), которым исследуемая субстанция однократно вносилась в нижний конъюнктивальный свод глаза в количестве 100 мкг с последующей оценкой степени выраженности наблюдаемых эффектов. Осуществляли визуальное наблюдение за состоянием слизистой и конъюнктивы глаз экспериментальных животных. Регистрацию изменений проводили через 1 час и 24 часа после внесения ФС ЛФ по следующим проявлениям: слезотечение, птоз, блефароспазм, инъектирование сосудов, отек век, выделения из глаз.

Установлено, что при внесении исследуемой субстанции в нижний конъюнктивальный свод глаза кроликов средний суммарный балл ирритативного действия (гиперемия конъюнктивы, отек век, выделения) составил через 1 час и 24 часа — 3 и 1,5 балла соответственно, что свидетельствует о проявлении ФС ЛФ слабого раздражающего (ирритативного) действия, по степени выраженности относящегося к 1-му классу согласно [3].

Таким образом, обобщая результаты комплексных исследований, можно сделать вывод, что ФС ЛФ по изученным показателям относится к умеренно опасным веществам (3-й класс опасности [5]), не оказывает местно-раздражающего действия на кожу, обладает слабо выраженным ирритативным действием на слизистые оболочки глаз.

## Литература

1. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008 (02 040). — Введ. 28.03.2008. — Минск: М-во здравоохранения Республики Беларусь, 2008. — 35 с.
2. Гигиеническое нормирование лекарственных средств в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и воде водных объектов: инструкция 1.1.11–12–206–2003: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь 30.12.2003 № 206 // Коммун. гигиена: сб. норм. док. / РЦГЭиОЗ. — Минск, 2003. — Ч. 2. — 51 с.
3. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11–12–35–2004: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь 14.12.2004 № 131. — Минск, 2004. — 43 с.

4. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях ETS № 123 / Совет Европы (Страсбург, 18 марта 1986 г.). — Страсбург, 1986. — 13 с.

5. Вредные вещества. Классификация и общие требования: ГОСТ 12.1.007–76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 8 с.

Поступила 14.09.2022

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ НОВОГО ИНЪЕКЦИОННОГО ИМПЛАНТАТА НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНАТА НАТРИЯ И ПОЛИНУКЛЕОТИДОВ

*Грынчак В. А., к. м. н., grinchakva@gmail.com,*

*Лисовская Г. В., ptiza-igl@mail.ru,*

*Деменкова Т. В., tvdem@list.ru,*

*Протасевич У. С., us.toxlab@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Актуальной проблемой в Республике Беларусь являются заболевания костно-мышечной системы. В структуре общей заболеваемости взрослого населения они занимают одну из лидирующих позиций и являются причиной инвалидизации трудоспособного населения, что подчеркивает их социальное значение [1, 2]. Для комбинированного вязкоэластичного протезирования у пациентов с дегенеративно-дистрофическими и посттравматическими поражениями суставов, а также у лиц, имеющих повышенные нагрузки на поврежденные суставы и связки, околосуставные ткани, используется имплантат.

Безопасное применение в лечебной практике медицинских изделий, содержащих в своем составе новые соединения или смеси уже известных веществ, обеспечивается изучением их токсических свойств при многократном воздействии на лабораторных животных, что является одним из этапов оценки биологического действия медицинских изделий [3, 4].

Целью работы являлось изучение субхронической токсичности нового инъекционного имплантата на основе гиалуроната натрия и полинуклеотидов на белых крысах.

Изучению подвергался имплантат инъекционный: гиалуронат натрия (16 мг/мл) и гель полинуклеотидов (20 мг/мл) при соотношении 1 : 1 и 1 : 2.

Оценка субхронической токсичности проводилась в соответствии с методом ГОСТ ISO 10993–11–2011 «Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 11. Исследования общетоксического действия» при ежедневном внутрибрюшинном введении имплантата самцам и самкам белых крыс в возрасте 2,0–2,5 месяца в дозе 0,05 мл на 200 г массы тела животного в течение 12 недель с последующим наблюдением и регистрацией симптомов клинической картины интоксикации. Сформировано 4 опытные и 2 контрольные группы по 10 животных в каждой. Контрольным группам вводили физиологический раствор в соответствующем объеме. Животные содержались в стандартных клетках в соответствии с правилами группового содержания. Доступ к воде и корму был свободным. Пищевой рацион включал зерно (овес, пшеница), овощи, стандартные брикеты, содержащие минеральные пищевые ингредиенты и витамины. Клетки с опытными животными находились в помещении с принудительной вытяжной вентиляцией [5].

По окончании эксперимента проведена одномоментная декапитация крыс, проведен макроскопический анализ внутренних органов белых крыс и определены относительные коэффициенты массы (далее — ОКМ) печени, сердца, легких, почек, селезенки, надпочечников. Для определения функционального состояния организма белых крыс изучали ряд клинико-лабораторных показателей крови с помощью гематологического анализатора Mythic 18 (Швейцария) и биохимического анализатора Ascent 200 (Польша).

Статистическую обработку результатов проводили при помощи программного обеспечения Microsoft Excel и Statistica 10.0. Для описания результатов были использованы данные, представленные в виде медианы (далее — Me) и интерквартильного размаха [25%; 75%]. Достоверность различий исследуемых несвязанных выборочных данных определяли при помощи метода непараметрической статистики (U-критерий Манна — Уитни). Изменения считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Обращение с лабораторными животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики [5].

При многократном внутрибрюшинном введении инъекционного имплантата на основе гиалуроната натрия и полинуклеотидов признаков интоксикаций и гибели животных в эксперименте не установлено. У опытных животных не зарегистрировано статистически значимых изменений массы тела по сравнению с контрольными группами (таблица 1).

Таблица 1 — Масса тела белых крыс при внутрибрюшинном введении инъекционного имплантата в субхроническом эксперименте, Ме [25%; 75%]

Опытные и контрольные группы, соотношение	Масса тела белых крыс, кг <sup>1</sup>	
	исходная	12 недель
Контроль (самцы)	187,5 [182,4; 192,6]	247,5 [227,4; 255,6]
Самцы (1 : 1)	185,0 [181,8; 194,2]	250,0 [234,3; 254,7]
Самцы (1 : 2)	192,5 [186,0; 196,0]	260,0 [244,4; 274,6]
Контроль (самки)	192,5 [185,5; 197,5]	255,0 [243,5; 272,5]
Самки (1 : 1)	190,0 [184,7; 195,3]	252,5 [235,6; 269,4]
Самки (1 : 2)	195,0 [185,0; 197,0]	247,5 [229,5; 259,5]

При введении инъекционного имплантата самцам и самкам белых крыс макроскопических изменений не установлено, ОКМ внутренних органов опытных животных оставались на уровне контрольных значений (таблица 2).

Таблица 2 — ОКМ внутренних органов белых крыс при внутрибрюшинном введении инъекционного имплантата в субхроническом эксперименте, г/кг<sup>3</sup>, Ме [25%; 75%]

Внутренние органы	Опытные и контрольные группы, соотношение					
	контроль (самцы)	самцы (1 : 1)	самцы (1 : 2)	контроль (самки)	самки (1 : 1)	самки (1 : 2)
Печень	38,5 [35,0; 45,1]	38,5 [32,8; 43,8]	38,2 [36,0; 39,5]	41,9 [39,5; 46,9]	41,2 [37,8; 47,2]	40,9 [39,1; 45,1]
Сердце	3,6 [3,4; 4,0]	3,5 [3,3; 4,2]	3,6 [3,3; 4,1]	3,6 [3,5; 4,0]	3,6 [3,3; 4,1]	3,7 [3,3; 4,1]
Легкие	7,6 [6,9; 10,6]	7,2 [6,7; 8,8]	7,5 [6,1; 9,3]	7,0 [6,3; 8,6]	6,9 [6,0; 8,4]	7,6 [7,4; 10,0]
Почки	6,9 [6,4; 7,2]	7,1 [6,9; 7,3]	7,2 [6,7; 7,9]	6,9 [6,4; 7,6]	7,2 [6,4; 7,7]	7,3 [6,4; 8,4]
Селезенка	4,2 [3,7; 4,6]	4,3 [3,9; 5,1]	4,3 [4,0; 4,8]	4,6 [3,9; 5,3]	4,7 [4,1; 5,2]	4,4 [3,7; 4,9]
Надпочечники	0,139 [0,124; 0,159]	0,129 [0,119; 0,145]	0,133 [0,120; 0,142]	0,138 [0,127; 0,161]	0,141 [0,122; 0,153]	0,132 [0,116; 0,152]

Анализ показателей биохимического статуса лабораторных животных опытных групп не выявил статистически значимых отличий в сравнении с контрольной группой со стороны изученных показателей углеводного, минерального, белкового, липидного и пигментного обмена в сыворотке крови (таблица 3).

Со стороны морфофункциональных показателей периферической крови самцов и самок белых крыс, подвергнутых 12-недельному воздействию инъекционного имплантата на основе гиалуроната натрия и полинуклеотидов, у опытных групп не установлено изменений красного и белого кровяного ростка по сравнению с контрольными группами (таблица 4).

Таким образом, в ходе экспериментального субхронического исследования установлено, что внутрибрюшинное введение в дозе 0,05 мл на 200 г массы тела самцов и самок белых крыс нового инъекционного имплантата на основе гиалуроната натрия (16 мг/мл) и полинуклеотидов (20 мг/мл) в соотношении 1 : 1 и 1 : 2 не вызывает смертельных (летальных) исходов и не инициирует развитие клинических признаков интоксикации у лабораторных животных. Изменений ряда изученных морфофункциональных и клинико-лабораторных показателей не выявлено, что указывает на отсутствие общей субхронической токсичности.

Таблица 3 — Показатели биохимического статуса сыворотки крови белых крыс при субхроническом внутрибрюшинном введении инъекционного имплантата, Me [25%; 75%]

Показатели, единицы измерения	Опытные и контрольные группы, соотношение					
	контроль (самцы)	самцы (1 : 1)	самцы (1 : 2)	контроль (самки)	самки (1 : 1)	самки (1 : 2)
Железо, мкМоль/л	7,8 [7,4; 8,5]	7,8 [6,9; 8,7]	7,3 [5,3; 8,2]	7,4 [6,7; 8,5]	7,8 [6,0; 8,4]	7,6 [7,1; 8,4]
Фосфор, мМоль/л	1,87 [1,56; 1,92]	1,84 [1,73; 2,03]	1,88 [1,65; 2,08]	1,93 [1,70; 2,14]	1,84 [1,73; 2,03]	1,87 [1,65; 2,03]
Магний, мМоль/л	0,93 [0,88; 0,95]	0,93 [0,88; 0,99]	0,92 [0,85; 0,97]	0,95 [0,89; 1,00]	0,92 [0,85; 0,97]	0,95 [0,89; 1,00]
ЛПВП, г/мл	0,92 [0,90; 0,98]	0,97 [0,92; 0,98]	0,94 [0,93; 0,96]	0,94 [0,91; 0,97]	0,94 [0,93; 0,96]	0,92 [0,90; 0,96]
ЛПНП, г/мл	2,59 [2,53; 2,65]	2,60 [2,56; 2,65]	2,58 [2,56; 2,61]	2,62 [2,58; 2,76]	2,59 [2,53; 2,65]	2,60 [2,56; 2,65]
Холестерин, мМоль/л	1,5 [1,2; 1,8]	1,7 [1,4; 2,2]	1,4 [1,1; 1,7]	1,7 [1,2; 2,2]	1,7 [1,4; 2,2]	1,4 [1,1; 1,7]
Общий белок, г/л	73,3 [65,5; 80,5]	69,2 [59,3; 76,7]	71,9 [59,7; 77,6]	72,7 [70,4; 79,4]	69,2 [59,3; 76,7]	71,9 [59,7; 77,6]
Альбумин, г/л	39,1 [28,3; 45,3]	35,2 [31,3; 45,2]	38,8 [31,8; 50,2]	38,7 [32,5; 44,8]	39,1 [28,3; 45,3]	35,2 [31,3; 45,2]
Мочевина, мкМоль/л	6,7 [6,1; 7,1]	6,4 [5,8; 6,8]	7,0 [6,7; 8,0]	6,8 [6,0; 7,7]	6,7 [6,1; 7,1]	6,5 [5,8; 6,9]
Мочевая кислота, мкМоль/л	98,7 [87,6; 109,0]	105,0 [87,6; 120,2]	99,2 [89,0; 111,8]	104,2 [95,5; 116,2]	105,0 [87,6; 120,2]	104,2 [95,5; 116,2]
Креатинин, мкМоль/л	45,7 [42,3; 57,1]	46,3 [47,5; 52,0]	46,2 [44,5; 48,2]	46,6 [45,1; 48,0]	46,2 [44,5; 48,2]	46,6 [45,1; 48,0]
ЛДГ, мккат/л	1635 [1541; 2028]	1534 [1262; 2274]	1645 [1054; 2033]	1611 [1123; 1997]	1534 [1262; 2274]	1645 [1054; 2032]
ГГТ, мккат/л	9,6 [8,9; 10,1]	9,8 [9,2; 11,0]	9,6 [9,1; 10,6]	9,5 [9,2; 11,2]	9,6 [9,1; 10,6]	9,5 [9,2; 11,2]
АСТ, мккат/л	310 [237; 369]	303 [274; 323]	300 [245; 332]	299 [234; 328]	293 [245; 320]	301 [274; 320]
АЛТ, мккат/л	92,5 [78,8; 102,7]	85,6 [81,0; 97,9]	89,6 [76,1; 93,9]	83,3 [70,8; 103,1]	90,5 [78,8; 102,7]	85,6 [81,0; 97,9]
$\alpha$ -амилаза, мккат/л	662 [614; 699]	667 [517; 801]	662 [608; 767]	680 [634; 809]	662 [603; 757]	685 [654; 805]
Билирубин общий, мкМоль/л	4,0 [3,2; 5,6]	4,0 [3,5; 5,2]	3,9 [3,5; 4,6]	4,0 [3,6; 5,6]	4,0 [3,5; 5,2]	3,9 [3,5; 4,6]
Глюкоза, мМоль/л	5,6 [5,3; 6,4]	5,9 [5,6; 6,4]	5,6 [4,8; 5,8]	5,4 [5,0; 6,3]	5,6 [4,8; 5,9]	5,8 [5,1; 6,2]

Таблица 4 — Морфофункциональные показатели крови белых крыс при внутрибрюшинном введении инъекционного имплантата в субхроническом эксперименте, Ме [25%; 75%]

Показатели, единицы измерения	Опытные и контрольные группы, соотношение					
	контроль (самцы)	самцы (1: 1)	самцы (1: 2)	контроль (самки)	самки (1: 1)	самки (1: 2)
Лейкоциты, $\times 10^9$ кл/л	17,55 [15,15; 18,79]	17,20 [15,28; 20,36]	17,80 [16,14; 21,20]	16,50 [14,94; 19,36]	16,85 [14,05; 20,85]	17,05 [14,06; 20,76]
Лимфоциты, $\times 10^9$ кл/л	12,20 [10,50; 13,50]	11,35 [10,08; 18,70]	11,10 [10,12; 13,30]	11,75 [10,72; 14,02]	12,20 [10,50; 13,50]	11,35 [10,08; 18,70]
Моноциты, $\times 10^9$ кл/л	0,75 [0,64; 0,84]	1,00 [0,72; 1,16]	0,80 [0,67; 1,09]	0,80 [0,63; 0,93]	0,80 [0,67; 1,09]	0,75 [0,64; 0,84]
Гранулоциты, $\times 10^9$ кл/л	4,60 [3,86; 5,52]	4,10 [3,10; 7,30]	4,85 [4,34; 7,22]	4,85 [4,38; 6,14]	4,60 [3,86; 5,52]	4,85 [4,34; 7,22]
Эритроциты, $\times 10^{12}$ кл/л	7,47 [7,32; 7,80]	7,72 [7,12; 8,04]	7,73 [7,53; 8,27]	7,54 [6,99; 8,56]	7,73 [7,53; 8,27]	7,72 [7,12; 8,04]
Гемоглобин, г/л	150 [146; 155]	142 [132; 152]	146 [142; 151]	147 [144; 154]	150 [146; 155]	144 [141; 151]
Гематокрит, л/л	0,35 [0,33; 0,36]	0,35 [0,35; 0,37]	0,35 [0,33; 0,36]	0,33 [0,31; 0,36]	0,33 [0,32; 0,36]	0,32 [0,31; 0,35]
Средний объем эритроцита, фл	46,4 [45,0; 48,0]	45,9 [44,9; 46,3]	45,2 [44,4; 47,4]	44,5 [44,0; 47,5]	44,1 [42,8; 46,2]	44,9 [43,9; 46,3]
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,3 [17,8; 18,8]	18,6 [18,4; 18,8]	18,7 [18,4; 19,2]	18,6 [18,3; 18,9]	18,3 [18,1; 18,8]	18,4 [17,8; 19,0]
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	421 [417; 426]	416 [413; 424]	420 [419; 422]	420 [411; 428]	422 [420; 429]	420 [418; 421]
Тромбоциты, $\times 10^9$ кл/л	735 [692; 820]	715 [631; 853]	767 [644; 836]	752 [759; 923]	745 [705; 909]	732 [647; 997]
Средний объем тромбоцита, фл	6,1 [5,9; 6,1]	6,1 [5,8; 6,2]	6,1 [6,0; 6,3]	6,1 [5,9; 6,2]	6,0 [5,8; 6,1]	6,2 [5,8; 6,3]

## Литература

1. Шамуилова, М.М. Современные подходы к лечению патологии суставов: роль гиалуроновой кислоты / М.М. Шамуилова, Ю.В. Седакина, Г.Ю. Кнорринг // Лечащий Врач. — 2021. — № 11. — С. 67–72.
2. Ходьков, Е.К. Комплексный подход к периоперационному обеспечению эндопротезирования коленного сустава. Обзор литературы / Е.К. Ходьков, К.Б. Болобошко, Ю.В. Ходькова // Вестн. Витеб. гос. мед. ун-та. — 2019. — Т. 18, № 2. — С. 16–27.
3. Современные подходы к оценке гигиенической безопасности изделий медицинского назначения / В.А. Грынчак [и др.] // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Здоровье и окружающая среда», Минск, 19–20 ноября 2020 г. / М-во здравоохранения Респ. Беларусь, Науч.-практ. центр гигиены; гл. ред. С.И. Сычик. — Минск: Изд. центр БГУ, 2021. — С. 498–499.
4. Грынчак, В.А. Особенности токсического действия диизононилфталата и его регламентирование в полимерных материалах и изделиях медицинского назначения / В.А. Грынчак, С.И. Сычик // Анализ риска здоровью. — 2020. — № 1. — С. 118–125.
5. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02 040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.

Поступила 25.08.2022

## ИЗУЧЕНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА, ПРОИЗВОДНОГО ИЗ КЛАССА ФЕНИЛПИРРОЛОВ

Епишина Т.М., д. б. н., [epishinatm@fferisman.ru](mailto:epishinatm@fferisman.ru),  
Чхвиркия Е.Г., д.м.н., профессор, [chkhvirkiyaeg@fferisman.ru](mailto:chkhvirkiyaeg@fferisman.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Химизация сельского хозяйства Российской Федерации с целью внедрения химических материалов и методов обработки в сельскохозяйственное производство является одним из главных направлений научно-технического прогресса, целями которого являются повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и животноводства, улучшение качества продукции, охрана полезных растений и животных от вредителей, болезней и неблагоприятных условий существования. Однако наряду с положительным влиянием химическая продукция оказывает отрицательное воздействие на экологическое состояние окружающей среды. В структуре загрязнителей окружающей среды, оказывающих существенное влияние на экологию и здоровье населения, особое место занимают пестициды. Они могут вызывать мутации в половых клетках, что ведет к нарушению генетической информации, бесплодию, ранней гибели эмбрионов, наследственным дефектам у потомства. Большинство пестицидов жирорастворимы, а значит способны выделяться с грудным молоком в период грудного вскармливания и, соответственно, формировать негативную нагрузку на развивающийся детский организм. Поэтому изучение отдаленного действия технических продуктов на организм млекопитающих является научной основой безопасного применения пестицидов [1, 2].

Технический продукт (далее — ТП) — это вещество, получаемое в технологическом процессе и содержащее примеси, при этом ассортимент и количественный уровень этих примесей непосредственно зависят от конкретной технологии получения продукта. ТП, входящие в состав пестицидов, рекомендуемых к применению в сельском хозяйстве, должны пройти всестороннее санитарно-токсикологическое исследование, что является основой для предотвращения неблагоприятного воздействия пестицидов на здоровье работающих и населения, а также на экологию окружающей среды [3].

Отдельный интерес представляет изучение технических продуктов, производных из класса фенилпирролов.

Фенилпирролы представляют собой класс фунгицидов, обладающих высокой эффективностью против ряда патогенов. Они не только защищают культуры от семенной инфекции, но и предотвращают заражение вегетативных органов растений снежной плесенью, корневыми гнилями и другими заболеваниями.

История открытия изучаемого класса фунгицидов связана с антибиотиком пирролнитрином, содержащимся в бактериях *Pseudomonas pyrocinia*. Этот антибиотик подавляет многие опасные возбудители болезней картофеля, пшеницы, ржи и других сельскохозяйственных культур и при этом отличается абсолютной безопасностью для большинства организмов.

Ученые научились химическим способом воспроизводить молекулу, сходную с природной. Так появился новый класс фунгицидов — фенилпирролы. Для них характерны: малая токсичность для теплокровных животных и человека; отсутствие фитотоксического действия; длительная остаточная активность против патогенов; продолжительное защитное действие, снижающее поражение возбудителями болезней вегетативных органов растений. Все это делает данную группу фунгицидов весьма перспективной.

Отсутствие данных по изучению влияния технического продукта-дженерика [4] класса фенилпирролов (далее — ТПДФ) на репродуктивную функцию родителей и их потомства определило необходимость проведения санитарно-токсикологических исследований в данном направлении.

Изучалось влияние технического продукта-дженерика, производного из класса фенилпирролов, на репродуктивную функцию лабораторных животных (крысы, родители и их потомство), устанавливались недействующие дозы (далее — NOEL) и класс опасности.

Исследование проводили в виварии ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» (далее — ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана») на беспородных белых крысах (самцы и самки). Животные получены из питомника Филиал «Андреевка» ФГБУН «Научный центр биомедицинских технологий» ФМБА России. Карантин животных осуществлялся в течение 7 дней до начала исследо-

вания в виварии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана». Условия содержания животных: диапазон температур — 22–22,5 °С; диапазон относительной влажности — 40–45 %; фотопериод — 12 : 12 часов; клетки из нержавеющей стали 40 × 40 см; кормушки — емкость из нержавеющей стали; бутылки для питьевой воды объемом 1000 мл с канюлей из нержавеющей стали; количество животных в клетке (крысы) — по 10 голов. Кормление полноценным гранулированным комбикормом.

Влияние ТПДФ на репродуктивную функцию изучали на лабораторных животных (крысы, самцы и самки) в дозах 0; 2,1; 21,0 и 210,0 мг/кг м. т. Крысам-самцам F0 родительского поколения с массой тела в начале исследования 160–170 г (по 10 особей в группе) изучаемое соединение вводили в период сперматогенеза и спаривания. Крысам-самкам F0 родительского поколения с массой тела в начале исследования 210–220 г (по 20 особей в группе) изучаемое соединение вводили в период трех эструсов, спаривания, беременности и продолжали до окончания вскармливания потомства. Оплодотворение самок самцами проводили в соотношении 2 : 1.

В динамике опыта наблюдали за состоянием и поведением крыс, потреблением воды и корма, изменением массы тела, фиксировали сроки гибели, регистрировали количество живых и мертвых плодов при рождении, гибель потомства в период вскармливания, массу тела потомства в динамике на 4-е, 7-е, 14-е, 21-е и 30-е сутки после рождения, количество родившихся и количество выживших потомков, общее количество потомков. Наблюдали за физическим развитием потомства в период вскармливания.

Фиксировали день отлипания ушной раковины, появления волосяного покрова, прорезывания резцов, открытия глаз, перехода к самостоятельному питанию. Функциональное состояние организма потомства лабораторных животных оценивали на 30-й день жизни. Оценка состояния нервной системы определялась по способности животных суммировать подпороговые импульсы (суммационно-пороговый показатель (далее — СПП) с помощью импульсного стимулятора.

Поведенческие реакции (двигательная активность, длина пройденного пути, время отдыха, норковый рефлекс, ориентировочная реакция) изучали на совмещенной установке «открытого поля» и «открытой площадки» с автоматической регистрацией поведения крыс (прибор «ОРТО-МАКС», Columbus Instuments). За единицу наблюдения при статистической обработке полученных результатов принимали один помет [5].

Результаты исследований обработаны статистически общепринятыми методами с использованием t-критерия Стьюдента в программе Microsoft Excel.

Выбор доз для проведения эксперимента обусловлен данными литературы по репродуктивной токсичности изучаемого класса пестицидов.

На протяжении всего периода введения ТПДФ самцам и самкам F0 родительского поколения гибель животных не отмечалась ни в одной из изучаемых групп.

Анализ данных изменения массы тела крыс-самцов F0 родительского поколения в динамике опыта не показал достоверного изменения. У крыс-самок F0 родительского поколения в динамике опыта выявлено достоверное снижение массы тела в период беременности и лактации в опытной группе животных, получавших химический продукт в дозе 210,0 мг/кг м. т. по сравнению с контрольными животными.

У крысят F1 поколения, получавших ТПДФ в дозе 210,0 мг/кг м. т., зарегистрировано статистически достоверное снижение массы тела на 21-е сутки после рождения по сравнению с животными контрольной группы.

В результате проведенных исследований выявлена гибель крысят F1 поколения при рождении и в период вскармливания.

Гибель потомства при рождении в абсолютных числах составила: контроль — 0 голов, в дозе 2,1 мг/кг м. т. — 0 голов, в дозе 21,0 мг/кг м. т. — 1 голова, в дозе 210,0 мг/кг м. т. — 0 голов, в процентах: контроль — 0 %, в дозе 2,1 мг/кг м. т. — 0 %, в дозе 21,0 мг/кг м. т. — 1,09 %, в дозе 210,0 мг/кг м. т. — 0 %.

Гибель потомства в период вскармливания в абсолютных числах составила: контроль — 2 головы, в дозе 2,1 мг/кг м. т. — 6 голов, в дозе 21,0 мг/кг м. т. — 2 головы, в дозе 210,0 мг/кг м. т. — 2 головы, в процентах: контроль — 2,02 %, в дозе 2,1 мг/кг м. т. — 5,94 %, в дозе 21,0 мг/кг м. т. — 1,11 %, в дозе 210,0 мг/кг м. т. — 2,00 %.

Количество живых крысят при рождении на одну самку составило: контроль —  $9,9 \pm 0,23$  головы, в дозе 2,1 мг/кг м. т. —  $10,10 \pm 0,80$  головы, в дозе 21,0 мг/кг м. т. —  $9,00 \pm 0,45$  головы, в дозе 210,0 мг/кг м. т. —  $10,00 \pm 0,49$  головы (статистически значимых изменений между опытными и контрольной группами животных не установлено,  $p > 0,05$ ).

Таким образом, количество погибших крысят составляет 12 голов — 3,06 % от общего количества рожденного потомства (391 голова).

Показатели развития потомства в течение первого месяца жизни (отлипание ушной раковины, появление волосяного покрова, прорезывание резцов, открытие глаз, переход к самостоятельному

питанию) свидетельствовали об отсутствии статистически значимых различий между опытными и контрольными животными,  $p > 0,05$ .

При анализе показателей, характеризующих функциональное состояние центральной нервной системы у потомства (самцы и самки) в возрасте 30 дней, выявлено статистически достоверное повышение величины СПП у животных 3-й опытной группы, получавших ТПДФ в дозе 210,0 мг/кг м. т., по сравнению с контрольной группой животных ( $p < 0,05$ ).

При изучении показателей поведенческих реакций у потомства (длина пути, время отдыха, норковый рефлекс, ориентировочная реакция и общая активность) установлено, что разница цифровых показателей в опытных группах по сравнению с контрольной группой статистически недостоверна ( $p > 0,05$ ).

Таким образом, в результате проведенных исследований по изучению репродуктивной токсичности ТПДФ установлено, что поступление изучаемого соединения в дозах 2,1 и 21,0 мг/кг м. т. не оказывает статистически достоверного токсического воздействия на организм родителей и потомства.

Введение вещества в дозе 210 мг/кг м. т. вызывает статистически достоверные изменения в организме родителей и потомства, а именно:

- поколение F0 — снижение массы тела у самок в период беременности и лактации ( $p > 0,05$ );
- поколение F1 — снижение массы тела крысят на 21-е сутки после рождения, повышение показателя СПП у крысят в возрасте 30 суток ( $p > 0,05$ ).

По результатам эксперимента — NOEL — 21,0 мг/кг м. т. (для родителей и потомства).

На основании проведенных исследований выявлено влияние на отдельные показатели репродуктивной функции у потомства на уровне доз, токсичных для материнского и отцовского организмов, что позволяет отнести изученный технический продукт в соответствии с действующей гигиенической классификацией пестицидов и агрохимикатов по степени опасности (МР 1.2. 0235–21) к 3-му классу опасности (умеренно опасное соединение).

Проведенные исследования подтвердили, что изученный технический продукт-дженерик класса фенилпирролов по репродуктивной токсичности на организм теплокровных (крысы) по токсикологическим параметрам идентичен техническому продукту оригинатора.

## Литература

1. *Зинченко, В. А.* Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В. А. Зинченко. — М.: КолосС, 2012. — 127 с.
2. *Рогозин, М. Ю.* Экологическое последствие применения пестицидов в сельском хозяйстве / М. Ю. Рогозин, Е. А. Бекетова // Молодой учёный. — 2018. — № 25 (211). — С. 39–43.
3. *Ракитский, В. Н.* Токсичность технического продукта, производного триазолинтионов / В. Н. Ракитский, Е. Г. Чхвиркия, Т. М. Епишина // Здоровоохранение Российской Федерации. — 2020. — Т. 64, № 2. — С. 83–87.
4. *The Pesticide Manual.* — 18th ed. — Cambridge: BCPC, 2018. — P. 508–510.
5. *Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов / ВНИИ гигиены и токсикологии пестицидов, полимеров и пласт. масс; сост. Е. А. Антонович [и др.].* — Киев, 1988. — 207 с.

Поступила 12.09.2022

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ КЛИНДАМИЦИНА ГИДРОХЛОРИДА

*Земцова В. О., [veto4ka1710@rambler.ru](mailto:veto4ka1710@rambler.ru),  
Богданов Р. В., к. м. н., [promtox@rspch.by](mailto:promtox@rspch.by),  
Шевляков В. В., д. м. н., профессор, [shev-vitaliy@mail.ru](mailto:shev-vitaliy@mail.ru)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Производство лекарственных средств связано с определенным риском негативного воздействия на работающих вредных химических веществ при ингаляционном поступлении и попадании на кожные покровы. Одним из основных принципов охраны здоровья работающих в Республике Беларусь является приоритет профилактики, которая реализуется путем разработки ряда санитарно-

гигиенических мероприятий, в том числе научным обоснованием гигиенических нормативов содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны в виде предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия химических веществ. В рамках развития фармацевтической промышленности Республики Беларусь увеличивается производство различных фармакологических групп лекарственных средств, в том числе антибактериальных препаратов, представляющих высокую потенциальную опасность для здоровья работающих [1].

Для изготовления готовых антибактериальных лекарственных препаратов используются фармацевтические субстанции, которые обладают бактерицидным или бактериостатическим действием и являются биологически активными веществами. Они могут оказывать вредное действие на организм работающих в виде общетоксических (нефротоксическое, гепатотоксическое, гемотоксическое и др.) и специфических (дисбиотическое, аллергическое, эмбриотоксическое и др.) эффектов, что предопределяет необходимость их гигиенического регламентирования в воздухе рабочей зоны.

При изготовлении лекарственного средства клиндамицин, которое является полусинтетическим антибиотиком группы линкозамидов, применяемым для лечения инфекций, вызванных штаммами анаэробных бактерий, используется активно действующее вещество — фармацевтическая субстанция клиндамицина гидрохлорида.

Номер CAS фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида 21462-39-5. Наименование химического вещества: 7-хлор-6,7,8-тридеокси-6-[[[(2S,4R)-1-метил-4-пропилпирролидин-2-ил] карбонил] амино]-1-тио-L-трео- $\alpha$ -D-галакто-октопиранозид гидрохлорида в пересчете на безводное вещество. Формула:  $C_{18}H_{34}Cl_2N_2O_5S$ . Молекулярная масса: 461,5 г/моль. Структурная формула (рисунок 1):

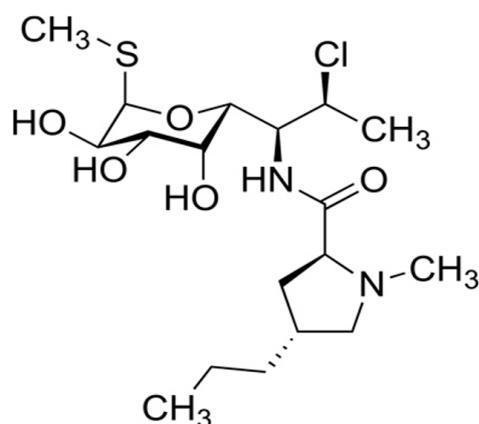


Рисунок 1 — Структурная формула фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида

Целью работы являлось изучение параметров острой токсичности фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида на лабораторных животных при разных путях поступления в рамках ее гигиенической регламентации.

Исследования выполняли в соответствии с методическими документами и нормативными правовыми актами [2], степень опасности по острой токсичности фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида классифицировали по ГОСТ 12.1.007-76 и ТКП 125-2008 «Надлежащая лабораторная практика» [3, 4].

Изучение острой токсичности фармацевтической субстанции проводили при внутрижелудочном и внутрибрюшинном пути введения. Количественные параметры острой токсичности (среднесмертельную дозу —  $DL_{50}$ , а также дозы  $DL_{16}$  и  $DL_{84}$ , вызывающие гибель 16% и 84% лабораторных животных) устанавливали методом пробит-анализа по Литчфилду — Уилкоксоу в изложении М.Л. Беленького [5].

Установление параметров острой токсичности проводилось в экспериментах на 130 нелинейных белых крысах массой 180–200 г и 130 белых нелинейных мышах исходной массой 18–22 г. Выбор экспериментальных животных для формирования опытных и контрольных групп осуществляли с учетом массы тела, при этом максимальная разница масс животных в одной группе не превышала 10%. Лабораторные животные перед экспериментами содержались на карантине в течение двух недель и на протяжении опытов находились на стандартном пищевом рационе и свободном выпавании.

Экспериментальные исследования проводились с соблюдением этических норм в отношении лабораторных животных, принятых Европейской Конвенцией по защите позвоночных животных, используемых в исследовательских и иных научных целях (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and other Scientific Purposes ETS 123, Strasbourg, 1986).

При изучении острой токсичности при внутрижелудочном введении опытным группам белых крыс и мышей натошак вводили фармацевтическую субстанцию клиндамицина гидрохлорида в дозах 250, 500, 1000, 2000, 3500 и 5000 мг/кг (6 опытных групп животных по 10 животных каждого вида в каждой группе), лабораторным животным контрольных групп в аналогичных условиях вводили эквивалентный объем растворителя (дистиллированная вода).

Для оценки острой токсичности при внутрибрюшинном введении опытным группам белых крыс вводилась фармацевтическая субстанция клиндамицина гидрохлорида в дозах 200, 400, 600, 800 и 1000 мг/кг (5 опытных и 1 контрольная группа животных), белым мышам в диапазоне доз от 200 до 600 мг/кг (5 опытных и 1 контрольная группа), контрольной группе вводился физиологический раствор.

Наблюдение за подопытными животными осуществляли в течение 14 суток после введения препарата с регистрацией симптомов клинической картины отравления: в первые сутки отмечали симптомы через 1 час, в последующие дни наблюдение проводили 1 раз в сутки. В ходе исследования острой токсичности регистрировали общее состояние животных, особенности их поведения, потребления корма и воды, характер симптомов интоксикации, количество погибших животных, срок их гибели и макроскопические изменения со стороны внутренних органов.

Видовую резистентность животных к токсическому действию фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида устанавливали путем расчета коэффициента видовой чувствительности, являющегося показателем соотношения среднесмертельных доз более резистентного вида животных к менее устойчивому. Результаты исследования видовой чувствительности проводили на основании критериев, предложенных И. В. Саноцким и И. П. Улановой (1975).

*Оценка острой токсичности фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида при однократном внутрижелудочном и внутрибрюшинном введении*

Клиническая картина острого отравления клиндамицином гидрохлоридом проявлялась одно-типно, вне зависимости от вида экспериментальных животных и пути введения, и характеризовалась такими симптомами как гиподинамия, заторможенность, снижение реакции на внешние раздражители. Большинство животных погибало на 2–4-е сутки после введения вещества. На 5–8-е сутки наблюдения у большинства выживших в опытах животных внешние признаки интоксикации не обнаруживались. При патологоанатомическом вскрытии лабораторных животных, павших в ходе эксперимента и умерщвленных по окончании 14 суток наблюдения, визуально не обнаружено патологических изменений внутренних органов в сравнении с контрольной группой.

На основании проведенных токсикологических исследований установлено (таблица 1), что фармацевтическая субстанция клиндамицина гидрохлорида по величине среднесмертельной дозы при введении в желудок для крыс и мышей ( $DL_{50}$  крысы  $2368,4 \pm 877,9$  мг/кг,  $DL_{50}$  мыши  $2692,3 \pm 1101,7$  мг/кг) относится к умеренно опасным веществам (III класс опасности) согласно ГОСТ 12.1.007–76 и к практически нетоксичным веществам (V класс токсичности) по классификации, изложенной в ТКП 125–2008.

Таблица 1 — Параметры острой токсичности фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида в острых опытах

Способ введения	Вид животного	Параметры острой токсичности, мг/кг			Коэффициент видовой чувствительности
		$DL_{16}$ , мг/кг	$DL_{50}$ , мг/кг	$DL_{84}$ , мг/кг	
Внутрижелудочно	Белые крысы	690,6	$2368,4 \pm 877,9$	3920,6	1,14
	Белые мыши	822,5	$2692,3 \pm 1101,7$	4052,5	
Внутрибрюшинно	Белые крысы	401,6	$670,4 \pm 160,3$	1054,4	1,91
	Белые мыши	220,8	$351,3 \pm 47,1$	384,0	

При внутрибрюшинном введении среднесмертельная доза фармацевтической субстанции составила для крыс  $670,4 \pm 160,3$  мг/кг, для мышей  $351,3 \pm 47,1$  мг/кг, что позволяет отнести фармацевтическую субстанцию клиндамицина гидрохлорида к практически нетоксичным веществам (V класс токсичности) для крыс и малотоксичным веществам (IV класс токсичности) для мышей в соответствии с ТКП 125–2008.

В результате экспериментов по изучению острой токсичности на различных видах животных установлено, что видовая резистентность к фармацевтической субстанции клиндамицина гидрохлорида не выражена, о чем свидетельствуют коэффициенты видовой чувствительности при внутривенном и внутрибрюшинном введении — 1,14 и 1,91 соответственно.

### Литература

1. *Василькевич, В. М.* Актуальные вопросы гигиенического регламентирования и создания безопасных условий труда на предприятиях по производству фармацевтических препаратов / В. М. Василькевич, Р. В. Богданов, Е. В. Дроздова // Медицина труда и промышленная экология. — 2020. — Т. 60, № 10. — С. 640–644.
2. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11–12–35–2004: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача Респ. Беларусь 14.12.2004 № 131. — Минск, 2004. — 43 с.
3. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.007–76. — Введ. 01.01.1977. — М.: Стандартинформ, 2007. — 5 с.
4. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008 (02 040). — Введ. 28.03.2008. — Минск, 2008. — 34 с.
5. *Беленький, М. Л.* Элементы количественной оценки фармакологического эффекта / М. Л. Беленький. — Рига, 1959. — 114 с.

Поступила 16.09.2022

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ОБРАБОТКАХ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

*Ильюкова И. И., к. м. н., toxlab@mail.ru,  
Иода В. И., ecoltox@rspch.by,  
Юркевич Е. С., к. м. н., ecoltox@rspch.by,  
Клочкова О. П., olya.klochkova@mail.ru,  
Камлюк С. Н., к. б. н., shevtsova308@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

В современных условиях сельскохозяйственного производства одной из актуальных проблем является повышение урожайности и эффективное использование сельскохозяйственных угодий. Увеличение производства сельскохозяйственных предприятий играет определяющую роль в обеспечении стабильности экономики страны. В агропромышленном секторе Республики Беларусь большие резервы увеличения сельскохозяйственной продукции кроются в сокращении потерь урожая от вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и применении прогрессивных технологий. Длительное время для обработки сельскохозяйственных угодий использовались классические наземные методы опрыскивания химическими средствами защиты растений. В настоящее время появились высокотехнологичные агродроны, которые позволяют снизить химическую нагрузку, увеличить доступ к недоступным ранее территориям, оптимизировать экономические затраты. Авиационные технологии ультрамалообъемного опрыскивания (далее — УМО) имеют ряд особенностей по сравнению с наземными: повышается риск неблагоприятного воздействия на здоровье работающих за счет увеличения ингаляционного контакта по сравнению с наземными технологиями применения, для населения — за счет возможных сносов препаратов за пределы обрабатываемой территории [1].

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О карантине и защите растений» от 18.07.2016 № 398-З все пестициды проходят регистрационные испытания, включая токсиколого-гигиеническую оценку условий их применения с расчетом риска для работающих.

В настоящее время применение пестицидов с использованием авиации регламентируется требованиями Санитарных норм и правил «Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений», утвержденных

постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 27.09.2012 № 149. Принимая во внимание, что технологии обработки пестицидами при помощи беспилотных летательных аппаратов (далее — БПЛА) находятся на стадии отработки методов и способов применения, органами государственного санитарного надзора для защиты жизни и здоровья работающих и населения также проводится сбор данных для научного обоснования санитарных норм и правил использования БПЛА для пестицидных обработок в фермерских и сельских хозяйствах [2].

Цель исследования — гигиеническое обоснование условий безопасного применения пестицида, содержащего действующее вещество глюфосинат аммония, методом УМО с использованием БПЛА, на основе оценки риска с определением экспозиционных уровней в воздухе рабочей зоны, на кожных покровах, расчета поглощенной дозы и возможных сносов на почву в натурных полевых исследованиях.

Исследования проводились с использованием агродрона-опрыскивателя XAG XP 2020, распыление роторного типа, скорость вращения 16 000 об/мин, размер капель 85–550 мкм, максимальная вместимость бака 20 л жидкости, ширина распыления 4,5 м, обрабатываемая культура — кукуруза. Норма расхода по препарату 1,1 л/га. Расход рабочего раствора препарата 7 л/га. Все операции (приготовление рабочего раствора препарата, заправка бака агродрона, дистанционное управление БПЛА) выполнял оператор с использованием соответствующих средств индивидуальной защиты, согласно рекомендациям, имеющимся в паспорте безопасности производителя действующего вещества.

Гигиенические исследования по оценке риска при применении пестицида проводили с использованием общепринятых методов: полученные в натурных экспериментах экспозиционные уровни глюфосината аммония в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах оператора сравнивали с гигиеническими нормативами [3].

Смывы с поверхности открытых и закрытых частей тела оператора производили после завершения производственных операций при помощи обезжиренных ватных тампонов, смоченных этиловым спиртом. Площадь смыва с каждого участка тела работающих составляла 100 см<sup>2</sup>.

Определение микроколичеств действующих веществ в отобранных пробах проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, нижние пределы обнаружения глюфосината аммония: 0,004 мг/м<sup>3</sup> для воздуха рабочей зоны (при отборе 5 дм<sup>3</sup> воздуха); 0,0002 мг/м<sup>3</sup> для атмосферного воздуха (при отборе 100 дм<sup>3</sup> воздуха); 0,1 × 10<sup>-3</sup> мкг/см<sup>2</sup> для смывов с кожных покровов; 0,0003 мг/м<sup>2</sup> для сносов на почву.

Глюфосинат аммония — действующее вещество контактного гербицида, номер CAS 77182–82–2, эмпирическая формула: C<sub>5</sub>H<sub>15</sub>N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>P. Структурная формула приведена на рисунке 1.

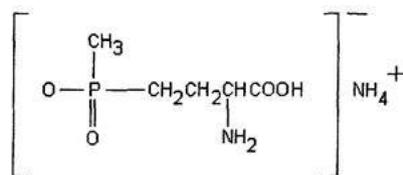


Рисунок 1 — Структурная формула глюфосината аммония

Токсикологический профиль глюфосината аммония [4, 5].

Острая токсичность: полуметаллическая доза (далее — LD<sub>50</sub>) при пероральном пути поступления для крыс составляет 1514 мг/кг, при кожном пути поступления — LD<sub>50</sub> более 2000 мг/кг, среднетоксическая концентрация (далее — LC<sub>50</sub>) для крыс при 4-часовой экспозиции 3133 мг/м<sup>3</sup>.

Глюфосинат аммония не обладает раздражающим действием на кожные покровы и слизистые оболочки глаз, не классифицирован как контактный сенсибилизатор. Хроническая токсичность, органотоксичность и канцерогенность: при внутрижелудочном поступлении глюфосината аммония в течение двухлетнего эксперимента у крыс на высоких дозах 500 ppm (26,7 мг/кг массы тела) наблюдались гематологические изменения: снижение содержания гемоглобина, падение гематокрита и количества эритроцитов в периферической крови. Со стороны биохимических показателей у животных, получавших высокие дозы, зарегистрировано ингибирование активности глутаминсинтетазы в печени (до 25 %) и головном мозге (до 11 %), снижение уровня глутатиона в печени и крови. Биохимические изменения связывают со структурными аналогиями между глюфосинатом аммония и субстратом глутаминсинтетазы (глутаматом) и не учитывают как токсикологически значимые. Уровень, при котором не наблюдается неблагоприятного воздействия, по хронической токсичности составил 7,6 мг/кг массы тела по лимитирующим гематологическим показателям. Исследования онкогенности на крысах и мышах в хроническом эксперименте не выявили у глюфосината аммония канцерогенного потенциала.

Репродуктивная токсичность, эмбриотоксичность и тератогенность: крысам Вистар вводили 1, 6,3 и 9 мг/кг глюфосината аммония. В дозе 9 мг/кг отмечены снижение массы тела детенышей в помете, лимбические судороги, постимплантационные потери. Токсическое действие на развитие потомства: максимальная доза без видимых эффектов 6,3 мг/кг веса тела в сутки [5].

Мутагенные эффекты: в тесте Эймса с наличием и отсутствием метаболической активации глюфосинат аммония не оказывал мутагенного действия на штаммы TA 97a, TA 98, TA 100, TA 102 и TA 1535 *Salmonella typhimurium* (дозы 0,001, 0,01, 0,1, 1 и 5 мг/чашку), не проявил мутагенной активности в микроядерном тесте на мышах (дозы 57,3; 135 и 500 мг/кг массы тела).

На основании анализа токсикологического профиля глюфосината аммония идентифицированы следующие опасные для здоровья свойства: острая токсичность при внутрижелудочном и ингаляционном путях поступления, избирательная токсичность на органы-мишени при многократном воздействии, репродуктивное действие. Классификация опасных свойств глюфосината аммония: H303: может причинить вред при проглатывании; H332: вредно при вдыхании; H373: может поражать органы (кожа, система крови, печень, мозг) в результате многократного или продолжительного воздействия; H360: может нанести вред нерожденному ребенку.

Пределы воздействия для глюфосината аммония: допустимая суточная доза установлена на уровне 0,02 мг/кг массы тела, острая референсная доза для беременных женщин составляет 0,021 мг/кг, допустимый уровень воздействия для оператора — 0,021 мг/кг массы тела в сутки (установлен на основании системной токсичности) [5].

Риск по экспозиционным уровням определяется величиной суммарного коэффициента безопасности (далее —  $KB_{\text{сумм}}$ ). Принимая во внимание, что основными путями поступления глюфосината аммония при обработке УМО с использованием БПЛА будет ингаляционное и дермальное воздействие (при подготовке рабочего раствора и заправке бака БПЛА), величина суммарного риска (далее —  $KB_{\text{сумм}}$ ) определяется суммой риска при дермальном (далее —  $KB_{\text{д}}$ ) и ингаляционном (далее —  $KB_{\text{инг}}$ ) воздействии. Суммарный риск воздействия для оператора считается допустимым при величине  $KB_{\text{сумм}} \leq 1$ .

Анализ результатов, полученных в натуральных полевых условиях, показал, что при указанных условиях выполнения производственных операций в зоне дыхания оператора-заправщика глюфосинат аммония не обнаружен на уровне чувствительности метода определения (ориентировочный безопасный уровень воздействия (далее — ОБУВ) глюфосината аммония в воздухе рабочей зоны — 0,4 мг/м<sup>3</sup>), в воздухе атмосферы у кромки поля спустя 1 час после обработки глюфосинат аммония также не обнаружен (ОБУВ глюфосината аммония в атмосферном воздухе — 0,002 мг/м<sup>3</sup>).

Коэффициент безопасности при поступлении глюфосината аммония через органы дыхания, рассчитанный соотношением фактического содержания пестицида в воздухе рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>) к ОБУВ в.р.з. с учетом  $1/2$  предела обнаружения для проб со значением «не обнаружено» составил  $KB_{\text{инг}} = 0,005$  (для оператора).

В сносах на почву с подветренной и наветренной сторон на расстоянии 1, 3 и 6 метров от края опрыскивателя БПЛА глюфосинат аммония не обнаружен, на расстоянии 9 метров обнаружено содержание пестицида на уровне 0,02 мг/м<sup>2</sup>, что значительно ниже предельно допустимой концентрации для почвы (предельно допустимая концентрация глюфосината аммония в почве 0,1 мг/кг). Следовательно, применение пестицида с содержанием глюфосината аммония при максимальной норме расхода препарата 1,1 л/га не будет приводить к загрязнению почвы на расстоянии 1, 3, 6 и 9 метров от края опрыскивателя с наветренной и с подветренной сторон. Предупредительные знаки безопасности при обработке полевых сельскохозяйственных культур пестицидами с содержанием глюфосината аммония методом УМО при использовании БПЛА должны быть размещены на расстоянии не менее 9 метров от края участков, обрабатываемых или обработанных пестицидами.

В соответствии с инструкцией по применению № 008–0915 «Метод определения риска здоровью работающих при применении пестицидов» (утверждена заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 07.04.2016) и результатами полевых исследований рассчитана средняя дермальная фактическая экспозиция (далее —  $D_{\text{ф}}$ ) глюфосината аммония, величина которой с учетом  $1/2$  предела обнаружения для проб со значением «не обнаружено» составила для оператора  $0,005 \times 10^{-5}$  мг/см<sup>2</sup>. У работающих не возникало ухудшения самочувствия, раздражения кожи, верхних дыхательных путей, слизистых оболочек глаз.  $KB_{\text{д}}$  глюфосината аммония, рассчитанный соотношением  $D_{\text{ф}}$  к ориентировочно допустимому уровню дермального воздействия для оператора (риск), составил 0,0012 для оператора.

Величина суммарного риска, обусловленного ингаляционным и дермальным воздействием глюфосината аммония ( $KB_{\text{сумм}} = KB_{\text{д}} + KB_{\text{инг}}$ ), составила для оператора 0,0052 при гигиенически значимой величине  $< 1$ .

Таким образом, результаты сравнения возможных экспозиционных и ориентировочных допустимых доз свидетельствуют о том, что полученные коэффициенты и индексы опасности (риска) комплексного воздействия глюфосината аммония для оператора ниже допустимого уровня.

При соблюдении установленных агротехнических и гигиенических регламентов использования результаты исследований позволили оценить гербицид, содержащий в качестве действующего вещества глюфосинат аммония, как препарат с допустимым риском для работающих в условиях обработки методом УМО при использовании БПЛА.

Следовательно, полученные нами результаты суммарной оценки риска, обусловленного применением пестицида, содержащего глюфосинат аммония, методом ультрамалообъемного опрыскивания с использованием агродронов определяют дальнейшую необходимость разработки гигиенических требований к использованию БПЛА для УМО обработки полевых сельскохозяйственных культур, садов, лесопосадок, труднодоступных водоемов с учетом использования новых технологий в сельском хозяйстве.

## Литература

1. Оценка риска для работающих при разных технологиях применения пестицидов / В.Н. Ракитский [и др.] // Гигиена и санитария. — 2020. — Т. 99, № 12. — С. 1454–1459.
2. Требования к применению, условиям перевозки и хранения пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений [Электронный ресурс]: санитар. нормы и правила: утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 27.09.2012 № 149 // Гигиена труда: сб. норм. док. — Вып. 9. — Минск, 2012. — С. 3–30.
3. Метод определения риска здоровью работающих при применении пестицидов: инструкция по применению, рег. № 008–0915: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 07.04.2016 г. / разработ.: И.И. Ильюкова, О.П. Ключкова. — Минск, 2015. — 16 с.
4. Glufosinate-ammonium (Ref: HOE 039 866) [Electronic resource] // IUPAC Pesticides Properties DataBase. — Mode of access: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/372.htm>. — Date of access: 05.09.2022.
5. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of confirmatory data submitted for the active substance glufosinate // EFSA Journal. — 2012. — Vol. 10, № 3. — P. 2609.

Поступила 29.09.2022

## УСТАНОВЛЕНИЕ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ «ТОКСИЧНОСТЬ» И «ЭКОТОКСИЧНОСТЬ»

Камлюк С.Н., к.б.н., [shevtsova308@gmail.com](mailto:shevtsova308@gmail.com),  
Ильюкова И.И., к.м.н., [toxlab@mail.ru](mailto:toxlab@mail.ru),  
Анисович М.В., [m\\_anisovich@mail.ru](mailto:m_anisovich@mail.ru),  
Петрова С.Ю., к.м.н., [petrova542a@mail.ru](mailto:petrova542a@mail.ru),  
Гомолко Т.Н., [tgomolko@mail.ru](mailto:tgomolko@mail.ru),  
Иода В.И., [wikuschka.ioda@mail.ru](mailto:wikuschka.ioda@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Возрастание спектра производимого сырья и продукции требует решения проблемы утилизации как коммунально-бытовых, так и промышленных отходов, составляющих более 80% всех подлежащих обращению отходов, образующихся на территории Республики Беларусь. На сегодняшний день развитие областей производства по переработке отходов является весьма актуальным. Например, многим видам отходов производства с неустановленным классом опасности по итогам исследований (по опасным свойствам, соответствующим коду отходов) присваиваются установленные степень и классы опасности, на основании чего данные отходы могут быть использованы в нуждах производства, а также направлены на вторичную переработку либо на захоронение. В целом актуальность эффективного решения проблем, связанных с поиском путей переработки и утилизации отходов производства в условиях стремительно возрастающей антропогенной и тех-

ногенной нагрузки на урбанизированные территории и окружающую природную среду, не вызывает сомнений [1].

Согласно приложению 1 к инструкции «О порядке установления степени опасности отходов производства и классе опасности опасных отходов производства» [2] определен перечень отходов (с указанием блоков, разделов, групп классификатора отходов и кодов отходов производства), для которых определяются соответствующие опасные свойства [3].

Целесообразность проведения испытаний ряда отходов по опасному свойству «экоотоксичность» с применением именно водных и почвенных организмов обусловлена возможностью постепенной миграции в почвенную, воздушную и водную среду токсичных веществ, содержащихся в отходах производства, которые поступают в обращение (на переработку, захоронение) [3].

В настоящей работе представлены результаты исследований отходов «прочие растворы и промышленные воды», образующихся на отечественном предприятии при производстве средств защиты растений (в результате выполнения технологических операций по подготовке оборудования к выпуску продукции, при уборке производственных помещений, при проведении лабораторных испытаний по контролю качества сырья и готовой продукции) с целью установления и научного обоснования степени и класса опасности по опасным свойствам «токсичность» и «экоотоксичность».

С целью оценки отходов производства по опасному свойству «токсичность» применяли метод «фиксированной дозы»: однократно с помощью иглы-зонда белым крысам внутрижелудочно вводили отходы производства (из расчета 3 мл на 200 г массы тела). Наблюдение за состоянием животных проводили в течение 14 дней [2].

По итогам исследований было установлено, что внутрижелудочное введение отходов белым крысам не вызвало гибели и токсических эффектов: отсутствовали признаки интоксикации, не регистрировались изменения в поведении, состоянии, внешнем виде, аппетите в течение всего периода наблюдения. Согласно схеме оценки токсичности отходов в остром эксперименте на теплокровных животных изученные отходы по степени опасности относятся к малоопасным отходам (4-й класс опасности) [2].

Исследования отходов по опасному свойству «экоотоксичность» проводили с применением альтернативных тест-моделей, в том числе и кладок пресноводного легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* в стадии гастрюлы. Заданные концентрации отходов составили: 1,0; 10,0; 20,0 и 40,0 мг/мл. Эксперимент проводили в трех повторностях. Использовали отрицательный контроль с отстоянной водопроводной водой. Непосредственно перед началом эксперимента подсчитывали изначальное количество зародышевых капсул, содержащих по одному эмбриону, в каждой чашке. Чашки инкубировали до полного выклева при комнатной температуре, естественном фотопериоде.

По окончании экспозиции подсчитывали погибших эмбрионов и выклюнувшихся ювенильных особей. Рассчитывали угнетение выклева (%) по формуле (1):

$$\text{угнетение выклева (\%)} = \frac{K - O}{K} \times 100\%, \quad (1)$$

где K — процент успешного выклева в контроле;

O — процент успешного выклева в опыте.

Опасность отходов по показателям эмбриотоксичности на кладках *Lymnaea stagnalis* оценивали по показателям: среднеэффективная концентрация (далее —  $EC_{50}$ ); пороговая концентрация (далее —  $EC_{15}$ );  $EC_{50}/EC_{15}$  — показатель, характеризующий зону острого действия, рассчитывается отношением  $EC_{50}$  к  $EC_{15}$ .

На основании рассчитанных значений показателей эмбриотоксичности относили изучаемые отходы производства к определенному классу опасности, опираясь на критерии ранжирования отходов по классам опасности (таблица 1).

Таблица 1 — Критерии отнесения отходов к классам опасности по показателям токсичности на кладках *Lymnaea stagnalis* (по [2])

Показатель	Классы опасности отходов			
	1-й	2-й	3-й	4-й
$EC_{50}$ , мг/мл	< 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 20	> 20
$EC_{15}$ , мг/мл	< $10^{-4}$	$10^{-4}$ – < $10^{-3}$	$10^{-3}$ – 0,5	> 0,5
$EC_{50}/EC_{15}$	> $10^4$	$10^4$ – > $10^2$	$10^2$ – 10	–

В результате проведенных исследований с применением тест-модели *Lymnaea stagnalis* установлен эффект угнетения выклева моллюсков при действии исследуемых отходов производства (таблица 2).

Таблица 2 — Результаты изучения токсического действия исследуемых отходов производства на кладках *Lymnaea stagnalis*

Концентрация отходов, мг/мл	Успешный выклев, %	CV, % коэффициент вариации	Угнетение выклева, %
Контроль	93,35	1,01	–
1,0	82,56	2,35	11,56
10,0	52,91	17,81	43,32
20,0	32,68	5,69	65,0
40,0	10,23	15,97	89,04

На основании полученных результатов рассчитаны значения показателей для ранжирования исследуемых отходов производства по классам опасности (таблица 3).

Таблица 3 — Параметры токсичности исследуемых отходов производства на кладках *Lymnaea stagnalis*

Показатель	Результат	Класс опасности
EC <sub>50</sub> , мг/мл	13,32 ± 0,07	3-й класс
EC <sub>15</sub> , мг/мл	1,55	4-й класс
EC <sub>50</sub> /EC <sub>15</sub>	8,57	4-й класс

По итогам оценки токсичности в тест-модели, представленной кладками *Lymnaea stagnalis*, установлено, что исследованные отходы производства относятся к умеренно опасным отходам (3-й класс опасности) (таблицы 2, 3) [2].

Исследования токсичности отходов производства с использованием тест-модели *Eisenia foetida* (лабораторной популяции дождевых червей) проводили в соответствии с инструкцией по применению № 044–1215 [2]. Для каждой из трех повторностей использовали по 7 особей *Eisenia foetida* на 500 г модельной среды. Непосредственно перед началом эксперимента в контейнеры с субстратом вносили образец отходов для получения условий с заданными концентрациями исследуемых отходов: 20,0; 50,0; 100,0 и 200,0 г/кг. В качестве отрицательного контроля использовали субстрат без образцов отходов. Экспозицию проводили при комнатной температуре, в условиях поддержания массовой влажности модельной среды на протяжении 7 суток.

По окончании экспозиции оценивали гибель олигохет. На основании рассчитанного значения среднелетальной концентрации (далее — LC<sub>50</sub>) относили исследуемый образец отходов производства к определенному классу опасности согласно специально разработанным критериям (таблица 4) [2].

Таблица 4 — Критерии отнесения отходов к классам опасности по показателю токсичности на *Eisenia foetida* (по [2])

Показатель	Степень и классы опасности отходов				
	опасные				неопасные
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	
LC <sub>50</sub>	≤ 0,1	> 0,1–1,0	1,1–50,0	≥ 50,0	отсутствие

В результате влияния образца отходов производства в концентрации 50,0 г/кг на дождевых червей были выявлены изменения поведенческих реакций животных в виде снижения скорости зарывания в грунт, а воздействие отходов в концентрациях 50,0–200,0 г/кг приводило к снижению выживаемости олигохет (таблица 5).

Таблица 5 — Результаты изучения токсического действия исследуемых отходов производства на *Eisenia foetida*

Концентрация образца отходов, г/кг	Количество погибших животных			
	повторность 1	повторность 2	повторность 3	среднее значение из 3-х повторностей
20,0	1	0	0	0,33
50,0	2	2	3	2,33
100,0	5	4	6	5,00
200,0	7	6	6	6,33
Контроль	0	0	1	0,33

По итогам исследований отходов производства в тест-модели *Eisenia foetida* установлено наличие токсических эффектов в виде снижения выживаемости при действии отходов в диапазоне концентраций 50,0–200,0 г/кг. В результате 7-суточного воздействия исследуемых отходов производства на дождевых червей *Eisenia foetida* установлена величина среднелетальной концентрации  $LC_{50} = 69,01$  (44,37–107,32) г/кг, на основании чего изученные в тест-модели *Eisenia foetida* отходы производства относятся к малоопасным отходам (4-й класс опасности) (таблицы 4, 5) [2].

В силу того, что установление класса опасности отходов производства осуществляется по лимитирующему показателю (с ориентиром на наиболее высокий класс опасности, установленный на основании одного или нескольких параметров в каждой из примененных тест-моделей), исследованные отходы отнесены к 3-му классу опасности (к умеренно опасным отходам) по опасному свойству «экоотоксичность» на основании установленного в тест-модели *Lymnaea stagnalis* 3-го класса опасности.

По итогам проведенных исследований отходов производства средств защиты растений «прочие растворы и промывочные воды» были установлены и научно обоснованы классы опасности данного вида отходов по опасным свойствам «токсичность» и «экоотоксичность»: по опасному свойству «токсичность» отходы отнесены к малоопасным отходам (4-й класс опасности), по опасному свойству «экоотоксичность» — к умеренно опасным отходам (3-й класс опасности).

Таким образом, использование батареи тест-моделей в существующей системе оценки опасности промышленных отходов во многих странах мира свидетельствует об актуальности применяемых методологических подходов, обеспечивающих научное и правовое основание для безопасного обращения с отходами и минимизации негативных последствий для здоровья населения в целом и окружающей природной среды [4].

## Литература

1. Камлюк, С.Н. Оценка токсичности отходов гальванического производства с применением беспозвоночных животных / С.Н. Камлюк, О.А. Борис, И.И. Ильюкова // Вестник Фонда фундаментальных исследований. — 2020. — № 1. — С. 59–68.
2. Метод экспериментального определения токсичности отходов производства: инструкция по применению, рег. № 044–1215: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 07.04 2016. — Минск, 2015. — 56 с.
3. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь ОКРБ 021–2019: утв. постановлением М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь 09.09.2019 № 3-Т. — Минск, 2019. — 88 с.
4. Directive 2008/98/EC of the European parliament and of the council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives // Official journal of the European Union. — 2008. — Vol. L 312. — P. 3–30.

Поступила 14.09.2022

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДИИЗОНОНИЛФТАЛАТА И ДИИЗОДЕЦИЛФТАЛАТА В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Ланно Л.Г., *lida\_lappo@bk.ru*,  
Грынчак В.А., к.м.н., *grinchakva@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

При изучении проблемы снижения риска здоровью населения от воздействия опасных химических факторов особого внимания заслуживает вопрос безопасного применения химических веществ.

Многие десятилетия в производстве полимерных изделий для придания им эластичности и гибкости используют эфиры фталевой кислоты (фталаты), обладающие высокой миграционной способностью в контактирующие с ним среды из-за отсутствия ковалентных связей с молекулами полимера. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что фталаты при длительном поступлении в организм инициируют как общетоксические, так и специфические токсические эффекты, что послужило основой для запрета или ограничения их использования [1, 2].

Совершенствование процессов производства полимерных изделий привело к широкому использованию высокомолекулярных фталатов, таких как диизононилфталат (далее — ДИНФ) и диизодецилфталат (далее — ДИДФ), обладающих улучшенными пластифицирующими свойствами и более низкой способностью к миграции из готовых изделий. Анализ литературных данных показывает, что указанные фталаты используются в настоящее время в отечественном и зарубежном производстве полимерных изделий, в то же время данные о выраженности их токсических свойств при сравнении остаются противоречивыми, что определило актуальность данной работы.

В связи с этим целью работы являлось проведение сравнительной токсикологической оценки диизононилфталата и диизодецилфталата в субхроническом эксперименте при внутрижелудочном введении белым крысам.

В экспериментальной работе использовали диизодецилфталат — высокомолекулярный эфир фталевой кислоты, который представляет собой прозрачную бесцветную маслянистую жидкость без запаха, нерастворимую в воде; регистрационный номер CAS 26761-40-0, эмпирическая формула —  $C_{28}H_{46}O_4$ , молекулярная масса — 446,67 г/моль, плотность — 0,96–0,97 г/см<sup>3</sup>; и диизононилфталат — изонониловый эфир фталевой кислоты, регистрационный номер CAS 28553-12-0, прозрачная бесцветная маслянистая жидкость без запаха, растворимость в воде — 0,6 мг/дм<sup>3</sup>, молекулярная масса — 418,62 г/моль, плотность — 0,975 г/см<sup>3</sup>, эмпирическая формула —  $C_{26}H_{42}O_4$ .

Исследование проведено в субхроническом эксперименте при внутрижелудочном введении ДИНФ и ДИДФ белым крысам в течение 2 месяцев в режиме 5 дней в неделю. Животные были разделены на 7 групп по 7 особей в каждой: I — контрольная и II, III, IV, V, VI, VII — опытные, подвергавшиеся воздействию 8,0; 80,0 и 800,0 мг/кг ДИНФ и ДИДФ. Фталаты вводили в желудок подопытных животных с помощью иглы-зонда. В качестве растворителя и для контрольной группы животных использовали растительное масло. В ходе эксперимента регистрировали изменения общего состояния, массы тела животных, а также сроки их гибели [3, 4].

По окончании эксперимента у белых крыс изучали состояние центральной нервной системы, оцениваемое по параметрам их поведенческой активности и величине суммационно-порогового потенциала (далее — СПП), а после мгновенной декапитации при аутопсии определены относительные коэффициенты массы (далее — ОКМ) внутренних органов. Для характеристики функционального состояния организма крыс изучали ряд клинико-лабораторных показателей крови и мочи с помощью гематологического и биохимического анализаторов.

Обращение с лабораторными животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики [5].

Статистическая обработка полученных данных проведена общепринятыми методами анализа с использованием компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica 12. Количественные параметры представлены в виде среднего значения (далее — М), 95%-ного доверительного интервала (далее — 95% ДИ), либо в виде медианы (далее — Ме) интерквартильного размаха (далее — [25%; 75%]). При оценке различий между результатами опыта и показателями контрольной группы использовали параметрический t-критерий Стьюдента или непараметрический U-критерий Манна — Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез был принят  $p < 0,05$ .

При внутрижелудочном введении самцам белых крыс ДИНФ и ДИДФ на протяжении 2 месяцев в дозах 8,0; 80,0 и 800,0 мг/кг клинических признаков интоксикации и гибели животных не установлено. Прирост массы тела опытных животных не отличался от контрольной группы (таблица 1).

Таблица 1 — Динамика массы тела белых крыс при внутрижелудочном введении ДИНФ и ДИДФ в субхроническом эксперименте, М (95% ДИ)

Группы сравнения, уровень воздействия, мг/кг	Масса тела животных, кг <sup>1</sup>	
	исходная	2 месяца
Контроль	181 (180–187)	239 (221–250)
ДИДФ (8,0)	182 (178–188)	237 (230–247)
ДИДФ (80,0)	180 (178–187)	231 (223–241)
ДИДФ (800,0)	181 (177–185)	238 (222–239)
ДИНФ (8,0)	179 (176–183)	230 (224–240)
ДИНФ (80,0)	181 (175–184)	239 (220–249)
ДИНФ (800,0)	183 (178–186)	243 (234–258)

Отсутствие гибели опытных животных в группах II, III, IV, V, VI, VII не позволило рассчитать коэффициент кумуляции, что классифицировало ДИНФ и ДИДФ как химические вещества со слабыми кумулятивными свойствами (отсутствие материальной кумуляции).

Однако изменение комплекса клинико-лабораторных показателей свидетельствует о развитии множественных токсических эффектов при субхроническом воздействии.

По окончании 60-дневного введения фталатов в дозах 80,0 и 800,0 мг/кг о нарушении функционального состояния нервной системы крыс свидетельствует статистически значимое увеличение показателя «проход по секторам» на 27,0 и 43,2% — ДИНФ; 37,8 и 48,6% — ДИДФ соответственно. При введении максимальных доз ДИНФ и ДИДФ наблюдалось увеличение исследовательской активности животных по показателю «норковый рефлекс» в 2,3 и 2,0 раза соответственно. Величины остальных учитываемых показателей нервной системы — «вертикальная стойка», «груминг», а также СПП не отличались от контрольной группы (таблица 2).

Таблица 2 — Состояние нервной системы белых крыс при внутрижелудочном введении ДИНФ и ДИДФ в субхроническом эксперименте

Показатели, единицы измерения	Группы сравнения, уровни воздействия, мг/кг						
	контроль	ДИДФ (8,0)	ДИДФ (80,0)	ДИДФ (800,0)	ДИНФ (8,0)	ДИНФ (80,0)	ДИНФ (800,0)
Проход по секторам, усл. ед., Ме [25%; 75%]	18,5 [12,0; 23,0]	19,5 [12,5; 22,0]	25,5 [22,0; 39,0]*	27,5 [23,5; 41,5]*	18,0 [13,0; 22,0]	23,5 [20,0; 37,0]*	26,5 [21,0; 37,0]*
Норковый рефлекс, усл. ед., Ме [25%; 75%]	2,0 [1,5; 3,5]	2,0 [1,5; 3,5]	2,5 [2,0; 3,5]	4,0 [3,0; 6,0]*	2,0 [1,5; 3,0]	2,0 [1,0; 3,0]	4,5 [3,5; 6,5]*
Вертикальная стойка, усл. ед., Ме [25%; 75%]	4,0 [3,0; 8,0]	4,5 [3,0; 8,5]	5,0 [3,5; 9,0]	5,0 [3,0; 9,0]	4,5 [3,5; 8,5]	3,5 [3,0; 7,0]	5,5 [3,0; 7,0]
Груминг, усл. ед., Ме [25%; 75%]	1,0 [0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,5 [1,0; 2,5]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [0,5; 2,0]	1,5 [0,5; 2,5]	1,0 [0,5; 2,0]
СПП, В, М (95% ДИ)	16,5 (13,5–19,5)	16,0 (13,9–18,8)	14,9 (12,9–18,6)	16,9 (13,8–19,9)	15,6 (12,5–18,6)	16,0 (13,1–19,9)	16,4 (13,3–19,7)

\* статистически значимые различия с контролем при  $p < 0,05$ .

Со стороны внутренних органов белых крыс наиболее выраженные изменения обнаружены при воздействии дозы 800,0 мг/кг ДИНФ и ДИДФ (IV и VII группы) в виде увеличения ОКМ печени в 1,7 и 1,5 раза, почек — в 1,4 и 1,3 раза, селезенки — в 1,6 и 1,4 раза соответственно по отношению к контролю ( $p < 0,05$ ). При снижении вводимых доз до 8,0 мг/кг статистически значимых изменений ОКМ внутренних органов не установлено, что может указывать на общетоксическое действие изучаемых фталатов (таблица 3).

Таблица 3 — Относительные коэффициенты масс внутренних органов белых крыс при внутрижелудочном введении ДИНФ и ДИДФ в субхроническом эксперименте, г/кг<sup>-3</sup>, М (95% ДИ)

Внутренние органы	Группы сравнения, уровень воздействия, мг/кг						
	контроль	ДИДФ (8,0)	ДИДФ (80,0)	ДИДФ (800,0)	ДИНФ (8,0)	ДИНФ (80,0)	ДИНФ (800,0)
Печень	31,0 (30,0–35,6)	31,8 (29,0–34,7)	33,0 (30,2–36,6)	48,9 (40,8–56,4)*	32,5 (30,2–34,8)	31,6 (27,2–35,9)	52,2 (46,0–58,5)*
Сердце	3,60 (3,41–4,15)	3,59 (3,30–4,12)	3,66 (3,22–4,27)	3,70 (3,36–4,08)	3,71 (3,39–4,03)	3,74 (3,27–4,21)	3,77 (3,50–4,03)
Легкие	8,69 (6,78–9,98)	8,73 (6,77–9,91)	8,17 (6,14–9,36)	8,44 (7,02–10,05)	8,73 (6,81–10,65)	7,78 (6,68–8,87)	9,44 (7,20–11,68)
Почки	6,81 (6,35–7,32)	7,11 (6,45–7,38)	7,07 (6,48–7,99)	8,96 (7,73–9,87)*	6,79 (6,37–7,21)	7,11 (6,90–7,33)	9,33 (7,57–9,09)*
Желудок	5,21 (4,59–5,72)	5,21 (5,17–5,76)	5,20 (4,99–5,83)	5,28 (4,47–5,86)	5,19 (4,63–5,75)	5,40 (5,11–5,69)	5,08 (4,55–5,60)
Селезенка	4,08 (3,82–4,56)	4,12 (3,79–5,05)	4,20 (3,73–5,14)	5,76 (5,03–6,65)*	4,17 (3,71–4,64)	4,53 (3,91–5,15)	6,66 (5,11–6,21)*
Надпочечники	0,15 (0,13–0,17)	0,14 (0,13–0,16)	0,14 (0,13–0,16)	0,15 (0,14–0,17)	0,14 (0,12–0,16)	0,15 (0,12–0,18)	0,14 (0,13–0,16)
Семенники	13,5 (11,8–15,2)	13,5 (12,7–14,9)	13,7 (12,8–14,2)	13,4 (12,1–14,9)	13,3 (11,6–15,0)	13,4 (12,3–14,5)	13,8 (12,9–14,6)
Придатки	4,16 (3,69–4,41)	4,19 (3,79–4,58)	4,25 (3,99–4,73)	4,21 (4,07–4,59)	4,00 (3,61–4,38)	4,26 (3,87–4,65)	4,33 (4,18–4,47)
Щитовидная железа	0,54 (0,44–0,63)	0,60 (0,54–0,68)	0,58 (0,53–0,63)	0,54 (0,52–0,57)	0,53 (0,43–0,62)	0,62 (0,55–0,69)	0,54 (0,50–0,58)
Поджелудочная железа	0,64 (0,47–0,85)	0,70 (0,61–0,82)	0,65 (0,55–0,78)	0,68 (0,56–0,84)	0,67 (0,48–0,86)	0,71 (0,65–0,88)	0,70 (0,65–0,85)

\* статистически значимые различия с контролем при  $p < 0,05$ .

Анализ морфофункциональных показателей периферической крови белых крыс, подвергнутых субхроническому воздействию ДИНФ и ДИДФ в дозе 800,0 мг/кг, показал снижение концентрации гемоглобина на 21,8 и 18,4%, гематокрита на 11,8%, средних значений содержания и концентрации гемоглобина в эритроците — на 5,3–15,3% соответственно, увеличение тромбоцитов — на 44,5 и 34,4% ( $p < 0,05$ ). Следует отметить статистически значимое увеличение на 8,4% среднего объема тромбоцитов при введении ДИНФ в дозе 800,0 мг/кг. При снижении уровня воздействия фталатов до 80,0 мг/кг наблюдали менее выраженные изменения в виде снижения гематокрита на 8,8%, средних значений содержания и концентрации гемоглобина в эритроците на 4,7–14,3% (таблица 4).

Сдвиги показателей красного кровяного ростка и тромбоцитов периферической крови белых крыс не рассматриваются как критические, поскольку их изменения даже при воздействии ДИНФ и ДИДФ в максимальных дозах не выражены. Лейкоцитарная формула у крыс опытных групп при воздействии фталатов соответствовала таковой у контрольных животных.

Со стороны биохимических показателей крови при субхроническом воздействии фталатов в дозах 80 и 800 мг/кг установлено нарушение фосфорно-кальциевого обмена в виде статистически значимого снижения концентрации кальция на 40,1 и 50,3% — ДИНФ; 38,9 и 47,1% — ДИДФ соответственно и повышения уровня фосфора в 1,3–1,5 раза — ДИНФ и 1,2–1,3 раза — ДИДФ. Концентрация магния, характеризующего минеральный обмен, в сыворотке крови опытных крыс оставалась на уровне значений контрольных животных. При воздействии максимальных доз ДИНФ и ДИДФ ферментативная активность сыворотки крови белых крыс характеризовалась повышением концентрации  $\gamma$ -глутамилтранспептидазы в 1,3 и 1,2 раза, снижением аспарагиновой аминотрансферазы и аланиновой аминотрансферазы — в 1,2 раза и 1,1 раза ( $p < 0,05$ ) соответственно, при этом изменений уровней  $\alpha$ -амилазы и лактатдегидрогеназы не выявлено. Внутрижелудочное введение всех испытанных доз фталатов не инициировало нарушений уровней изученных показателей, характеризующих углеводный, липидный, пигментный, белковый и энергетический обмены в сыворотке крови опытных животных: липопротеины высокой и низкой плотности, глюкоза, триглицериды, холестерин, альбумины, креатинин, общий билирубин и белок.

Таблица 4 — Морфофункциональные показатели крови белых крыс при внутрижелудочном введении ДИНФ и ДИДФ в субхроническом эксперименте, М (95% ДИ)

Показатели, единицы измерения	Группы сравнения, уровни воздействия, мг/кг						
	контроль	ДИДФ (8,0)	ДИДФ (80,0)	ДИДФ (800,0)	ДИНФ (8,0)	ДИНФ (80,0)	ДИНФ (800,0)
Лейкоциты, ×10 <sup>9</sup> кл/л	19,0 (16,2–21,3)	19,2 (16,3–25,9)	19,2 (16,9–23,3)	19,7 (17,8–22,5)	17,0 (15,1–18,9)	19,3 (15,1–23,6)	17,2 (14,8–19,5)
Лимфоциты, ×10 <sup>9</sup> кл/л	13,3 (10,3–14,6)	13,4 (10,9–15,9)	12,7 (10,7–14,9)	13,9 (10,6–16,1)	12,0 (10,4–13,6)	14,4 (9,9–18,9)	11,9 (9,6–14,1)
Моноциты, ×10 <sup>9</sup> кл/л	0,7 (0,6–0,8)	0,8 (0,6–0,9)	0,8 (0,7–0,9)	0,7 (0,6–0,9)	0,7 (0,6–0,8)	0,9 (0,7–1,2)	0,8 (0,6–0,9)
Гранулоциты, ×10 <sup>9</sup> кл/л	5,0 (3,9–5,8)	5,1 (3,5–6,5)	5,6 (4,0–6,3)	5,3 (4,5–6,3)	4,7 (3,8–5,6)	5,2 (3,0–7,4)	5,3 (4,3–6,2)
Эритроциты, ×10 <sup>12</sup> кл/л	7,6 (7,4–7,9)	7,6 (7,2–8,1)	7,7 (7,6–8,0)	7,3 (7,0–8,0)	7,6 (7,3–7,8)	7,58 (7,1–8,06)	7,3 (7,0–7,8)
Концентрация гемоглобина, г/л	147 (142–155)	143 (138–156)	140 (136–150)	120 (113–138)*	150 (146–155)	142 (131–152)	115 (105–130)*
Гематокрит, л/л	0,34 (0,32–0,35)	0,34 (0,32–0,36)	0,31 (0,29–0,32)*	0,30 (0,30–0,32)*	0,35 (0,33–0,36)	0,31 (0,30–0,32)*	0,30 (0,27–0,32)*
Средний объем эритроцита, фл	45,0 (43,8–47,8)	45,5 (43,9–46,9)	44,0 (42,0–46,3)	44,7 (42,2–46,7)	46,5 (44,9–48,1)	45,6 (44,9–46,3)	43,9 (40,7–48,1)
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	18,9 (18,5–20,8)	18,8 (18,0–19,8)	16,5 (14,5–18,1)*	16,0 (14,2–18,0)*	19,9 (19,4–20,5)	16,2 (14,4–17,2)*	16,0 (13,3–17,9)*
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	430 (425–433)	429 (419–432)	410 (402–419)*	407 (400–417)*	431 (428–434)	406 (390–417)*	400 (387–413)*
Тромбоциты, ×10 <sup>9</sup> кл/л	761 (680–831)	756 (679–828)	746 (672–738)	1023 (889–1173)*	756 (688–824)	790 (661–838)	1100 (894–1126)*
Средний объем тромбоцита, фл	5,95 (5,86–6,09)	5,94 (5,72–6,21)	6,07 (6,02–6,18)	6,03 (5,89–6,09)	5,96 (5,85–6,07)	6,02 (5,89–6,15)	6,45 (6,25–6,78)*

\* статистически значимые различия с контролем при  $p < 0,05$ .

Функциональное состояние мочевыделительной системы опытных животных после воздействия ДИДФ в дозах 80 и 800 мг/кг отличалось повышением суточного диуреза на 91,8 и 117,9% ( $p < 0,05$ ) соответственно, при этом рН, клиренс креатинина и мочевины, содержание  $\alpha$ -амилазы и магния в моче оставались на уровне контрольных значений. Со стороны азотсодержащих продуктов белкового и минерального обменов после воздействия ДИДФ в максимальной дозе выявлены разнонаправленные сдвиги в виде повышенного выведения из организма с мочой кальция — на 127,5%, снижения экскреции фосфора — на 34,6% и мочевой кислоты — в 1,4 раза ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем. Экспозиция белых крыс ДИДФ на уровне 800 мг/кг способствовала статистически значимому уменьшению содержания общего белка — в 1,2 раза.

Со стороны функциональных показателей состояния почек на 60-е сутки эксперимента у животных при введении ДИНФ в дозах 80 и 800 мг/кг отмечалось статистически значимое увеличение суточного диуреза в 1,9 и 2,8 раза, повышенное выведение кальция с мочой — в 1,3 и 1,5 раза, уменьшение содержания фосфора — в 2,1 и 2,9 раза, креатинина — в 2,0 и 2,5 раза,  $\alpha$ -амилазы — в 1,8 и 2,2 раза, мочевой кислоты — в 1,5 и 1,9 раза соответственно. Максимальная доза ДИНФ вызывала снижение содержания общего белка в 1,4 раза и магния в 1,2 раза ( $p < 0,05$ ). При этом показатели рН, клиренс креатинина и мочевины, содержание железа и альбумина в моче статистически значимо не изменялись.

Таким образом, экспериментально установленные данные о токсических свойствах ДИНФ и ДИДФ свидетельствуют, что при внутрижелудочном введении фталатов белым крысам в дозах 8,0; 80,0 и 800,0 мг/кг на протяжении двух месяцев гибели животных не выявлено. На уровне целостного организма субхроническое действие фталатов имеет политропный характер. При введении ДИНФ и ДИДФ в дозе 8,0 мг/кг статистически значимых изменений показателей не установлено, доза может быть принята в качестве недействующей. Субхроническое токсическое действие ДИНФ является более выраженным и характеризуется повышенной экскрецией кальция, снижением выведения фосфора, креатинина, мочевой кислоты,  $\alpha$ -амилазы при введении дозы 80,0 мг/кг и снижением экскреции магния,  $\alpha$ -амилазы с мочой при дозе 800,0 мг/кг, которое отсутствовало при введении ДИДФ в соответствующих дозах. Полученные экспериментальные данные о токсических свойствах ДИНФ и ДИДФ подтверждают научную гипотезу о снижении выраженности токсических эффектов фталатов с увеличением молекулярной массы.

## Литература

1. Грынчак, В. А. Особенности токсического действия диизононилфталата и его регламентирование в полимерных материалах и изделиях медицинского назначения / В. А. Грынчак, С. И. Сычик // Анализ риска здоровью. — 2020. — № 1. — С. 118–125.
2. Параметры токсического действия пластификатора диизодецилфталата на экспериментальных моделях *in vivo* / В. А. Грынчак [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. — 2022. — № 1. — С. 74–80.
3. Требования к постановке экспериментальных исследований для первичной токсикологической оценки и гигиенической регламентации веществ: инструкция 1.1.11–12–35–2004: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14 дек. 2004 г. — Минск, 2004. — 43 с.
4. Медведь, Л. И. Пестициды и проблемы здравоохранения / Л. И. Медведь, Ю. С. Каган, Е. И. Спыну // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. — 1968. — Т. 13, № 3. — С. 263–271.
5. Надлежащая лабораторная практика: ТКП 125–2008(02 040). — Введ. 01.05.2008. — Минск: РУП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении», 2008. — 40 с.

Поступила 09.09.2022

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ, АССОЦИИРОВАННОГО С КОМПЛЕКСНЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ ПАРАБЕНОВ В ОРГАНИЗМ

Петрова С. Ю., к. м. н., [petrova524a@mail.ru](mailto:petrova524a@mail.ru),  
Илюкова И. И., к. м. н., [toxlab@mail.ru](mailto:toxlab@mail.ru),  
Гомолко Т. Н., [tgomolko@mail.ru](mailto:tgomolko@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Постоянно растущие потребности человечества приводят к росту темпов создания и потребления пищевых продуктов, фармацевтических препаратов, изделий косметической промышленности, что обуславливает необходимость использования в подобном производстве широкого круга консервантов, направленных на обеспечение их длительной сохранности. Одними из таких добавок являются парабены — сложные эфиры 4-гидроксibenзойной кислоты, обладающие свойствами antimicrobial консервантов. Характерной особенностью пищевых и косметических продуктов является их тесный контакт с желудочно-кишечным трактом и кожными покровами, что способствует проникновению в организм человека ксенобиотиков. Данные исследований показывают, что парабены могут оказывать цитотоксический и канцерогенный эффект [1], обладают эстрогенным действием, представляют опасность для беременных, поскольку излишний эстроген может вызвать патологию репродуктивной функции плода [2, 3].

Для выявления возможного негативного воздействия на организм человека парабенов, поступающих с пищевой и косметической продукцией, нами разработаны методические подходы к оценке риска здоровью населения, ассоциированного с пероральным и трансдермальным поступлением парабенов в организм, которые формализованы в инструкции по применению № 004–0621 «Метод

оценки риска здоровью населения при комплексном поступлении парабенов в организм» (утверждена заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 14.12.2021).

Метод основан на анализе токсикологической характеристики парабенов, входящих в состав косметической и пищевой продукции, расчете дозы системного воздействия, расчете коэффициента безопасности и интерпретации полученных результатов.

Информация о токсических свойствах парабенов может быть получена путем исследований на экспериментальных животных *in vivo*, либо путем использования сведений из национальных и авторитетных международных баз данных, таких как Глобальный портал информации Организации экономического сотрудничества и развития о свойствах химических веществ, платформа TOXNET Databases, платформа INCHEM, портал объединенного исследовательского центра Европейского союза ChemAgora, on line информация Федерального регистра потенциально опасных химических и биологических веществ, база данных Европейского химического агентства ECHA, база данных HSDB, база данных PubChem, база данных DART, база данных ECOTOX, база данных свойств химических веществ GESTIS, база данных по токсикологии Агентства США по токсичным веществам и регистрам заболеваний, база данных свойств действующих веществ пестицидов Британского университета Хартфордшира. Основные и дополнительные информационные источники национальных и авторитетных международных баз данных, а также их электронные адреса приведены в качестве приложения к инструкции по применению.

На основании полученной информации определяется уровень воздействия, при котором не наблюдается вредный эффект (далее — NOAEL) — максимальная доза, при которой не наблюдается отрицательный вредный эффект, связанный с воздействием вещества, необходимая для расчета допустимого суточного потребления или поступления (далее — ADI) с учетом фактора неопределенности, который применяется для обеспечения адекватного предела безопасности для потребителя с учетом межвидовой и внутривидовой чувствительности.

Для большинства парабенов NOAEL установлен по результатам субхронических (90-дневных исследований) в экспериментах *in vivo* при пероральном пути поступления. При отсутствии данных по 90-дневному исследованию токсичности повторных доз может использоваться значение NOAEL, полученное в ходе 28-дневного исследования токсичности. В данном случае для расчета ADI используется стандартный коэффициент 3 для корректировки длительности воздействия.

Если данные по NOAEL для изучаемого парабена отсутствуют, могут быть использованы данные по острой токсичности при пероральном пути поступления (полулетальная доза (далее —  $LD_{50}$ )). При этом значение NOAEL составляет 10% от  $LD_{50}$ . Если  $LD_{50}$  не достигается, так как парабен не обладает острой токсичностью при пероральном пути поступления, в соответствии с критериями классификации для опасных химических веществ  $LD_{50}$  для таких парабенов составляет более 5000 мг/кг и NOAEL принимается равным 500 мг/кг массы тела в сутки.

Трансдермальное поступление парабенов в организм человека обусловлено применением косметической продукции, в состав которой входят данные соединения.

Оценка воздействия (экспозиции) проводится для каждого парабена с учетом типа косметической продукции; способа применения косметической продукции; концентрации парабенов в продукции; наносимого количества косметической продукции; длительности контакта косметической продукции с организмом; пути воздействия косметической продукции на организм; частоты использования косметической продукции; площади, на которую наносится косметическая продукция; целевой группы потребителей.

Доза системного воздействия при трансдермальном пути поступления рассчитывается как суточное воздействие косметической продукции с учетом концентрации парабена, его дермальной абсорбции и средней массы тела человека.

Данные о концентрации парабенов в косметической продукции получают путем проведения аналитических исследований или на основании анализа рецептуры косметической продукции.

Значение дермальной абсорбции для парабенов принимается равным 50% — максимально возможное значение в случае отсутствия экспериментальных данных.

Расчетные уровни ежедневного воздействия для различных типов наиболее часто употребляемой косметической продукции приведены в виде приложения к инструкции по применению. Например, рассчитанное ежедневное воздействие косметической продукции в мг/кг массы тела в день для геля для душа составляет 2,79, мыла для рук — 3,33, шампуня — 1,51, кондиционера для волос — 0,60, средства для укладки волос — 5,74, туши для ресниц — 0,42, средства для удаления макияжа — 8,33, губной помады — 0,90, зубной пасты — 2,16 [4].

Коэффициент безопасности при трансдермальном пути поступления парабенов с косметической продукцией рассчитывается как соотношение дозы системного воздействия при трансдермальном пути поступления парабена к допустимому суточному потреблению. При расчете коэффициента безопасности для взрослого населения принимается во внимание общее значение ежедневного воздействия для всех типов косметической продукции, которые один взрослый человек может ежедневно наносить на кожу, что также отражено в приложении к инструкции. Уровень совокупного воздействия консервантов при применении различных видов косметической продукции может составить 269 мг/кг массы тела в день [4].

Коэффициент безопасности при пероральном пути поступления индивидуального парабена в организм рассчитывается путем суммирования коэффициента безопасности, рассчитанного при поступлении с косметической продукцией, с коэффициентом безопасности, рассчитанным при поступлении с пищевой продукцией, при этом биодоступность для парабенов при пероральном пути поступления принимается за 100% (агравированные условия воздействия).

Перечень пищевой продукции, при производстве которой допускается использование парабенов, также приведен как приложение к инструкции по применению [5].

Если в качестве консерванта в косметической и пищевой продукции используется индивидуальный парабен (метилпарабен, этилпарабен, пропилпарабен, бутилпарабен, бензилпарабен, изобутилпарабен и др.), оценка риска здоровью человека проводится по величине суммарного коэффициента безопасности (далее —  $KB_{\text{сумм}}$ ), полученного путем суммирования коэффициентов безопасности, рассчитанных при трансдермальном и пероральном поступлении индивидуального парабена в организм человека.

Если в качестве консервантов используется смесь парабенов, оценка риска здоровью человека проводится по величине общего коэффициента безопасности (далее —  $KB_{\text{общ}}$ ) для всех используемых парабенов путем суммирования отдельных суммарных коэффициентов безопасности.

Допустимым считается риск комплексного поступления индивидуального парабена или смеси парабенов в организм при величине суммарного или общего коэффициента безопасности менее либо равном 1,0. Если  $KB_{\text{сумм}}$  или  $KB_{\text{общ}}$  превышает 1,0, то такое воздействие характеризуется как недопустимое.

Разработанный метод может быть использован органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор, для оценки риска здоровью различных возрастных групп населения при поступлении парабенов в организм из косметической и пищевой продукции, выявления наиболее чувствительных групп населения к воздействию парабенов и, при необходимости, обоснования мероприятий, направленных на снижение негативного влияния сложных эфиров парагидроксibenзойной кислоты, используемых в качестве консервантов в косметической и пищевой промышленности, на здоровье человека.

## Литература

1. Sony, M. G. Safety assessment of esters of 4-hydroxybenzoic acid (parabens) / M. G. Sony, I. G. Carabin, G. A. Burdock // Food Chem Toxicol. — 2005. — Vol. 43, iss. 7. — P. 985–1015.
2. Oestrogenic activity of parabens in MCF7 human breast cancer cells / J. Byford [et al.] // J. Steroid Biochem. Molec. Biol. — 2002. — Vol. 80, iss. 1. — P. 49–60.
3. Rietschel, R. L. Dermatitis to preservatives and other additives in cosmetics and medications / R. L. Rietschel, L. F. Jr. Fowler // Fisher's contact dermatitis / ed.: R. L. Rietschel, L. F. Jr. Fowler. — Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995. — P. 266–267.
4. The SCCS Notes of Guidance for the Testing of Cosmetic Ingredients and their Safety Evaluation 10th revision: adopted 24–25 October 2018, SCCS/1602/18. — European Union, 2018. — 152 p.
5. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [Электронный ресурс]: технический регламент Таможенного союза ТР ТС 029/2012: с изменениями на 18 сентября 2014 года. — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Pages/bezopPischDobavok.aspx>. — Дата доступа: 20.07.2022.

Поступила 26.07.2022

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ СВОЙСТВ ДИУРОНА

Петрова С.Ю., к.м.н., [petrova524a@mail.ru](mailto:petrova524a@mail.ru),

Ильюкова И.И., к.м.н., [toxlab@mail.ru](mailto:toxlab@mail.ru),

Гомолко Т.Н., [tgomolko@mail.ru](mailto:tgomolko@mail.ru),

Камлюк С.Н., к.б.н., [shevtsova308@gmail.com](mailto:shevtsova308@gmail.com)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Диурон (3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea) — довсходовый гербицид, производное мочевины, ингибитор фотосинтеза, в низких дозах подавляет фотосинтетическое производство кислорода, блокируя перенос электронов в фотосистему II фотосинтеза, используется для уничтожения сорной растительности.

В нашей стране средства защиты растений на основе диурона не нашли широкого применения и не включены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Вместе с тем на территории республики запланировано производство средств защиты растений на основе диурона для экспорта в страны, где широко применяются гербициды на посевах сахарного тростника, цитрусовых культур, ананасов, хлопка.

Вышеизложенное определяет необходимость идентификации опасных для здоровья свойств диурона, их классификацию и соответствующую маркировку для последующей разработки предупредительных мероприятий в условиях производства препаратов на основе данного действующего вещества.

Диурон — белое, кристаллическое твердое вещество без запаха, с плотностью 1,48 г/см<sup>3</sup>, молекулярной массой 233,1 г/моль, давлением паров  $3,1 \times 10^{-6}$  мм рт. ст. при 50 °С, растворимостью в воде  $37,4 \times 10^{-3}$  г/л при температуре 25 °С, коэффициентом распределения *n*-октанол/вода  $2,85 \pm 0,03$  при температуре 25 °С, температурой плавления 158–159 °С. Диурон стабилен в нейтральной среде в водной суспензии, однако при повышении температуры начинает гидролизываться, причем способность к гидролизу растет в кислой или щелочной среде [1, 2].

Эмпирическая формула диурона — C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O. Структурная формула диурона приведена на рисунке 1.

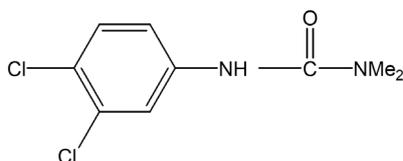


Рисунок 1 — Структурная формула диурона

Токсикологический профиль диурона [1, 2].

Острая токсичность: полуметальная доза (далее — LD<sub>50</sub>) при пероральном пути поступления для крыс составляет 3400 мг/кг, при накожном пути поступления — LD<sub>50</sub> более 2000 мг/кг, среднететальная концентрация (LC<sub>50</sub>) для крыс при 4-часовой экспозиции рассчитана в пределах от 700 мг/м<sup>3</sup> до 2500 мг/м<sup>3</sup>.

Раздражающее действие на кожу: нанесение диурона в дозе 0,5 г (в подсолнечном масле) на 4 часа на кожу 3 кроликов вызывало у животных эритему (1 балл), признаки которой исчезли у двух из трех животных в течение 24 часов после аппликации, у одного животного — в течение 48 часов.

Раздражающее действие на слизистые оболочки глаз: при внесении диурона в дозе 0,1 г в конъюнктивный мешок глаза 3 кроликам у всех животных наблюдались гиперемия (1–2 балла) и отек (1 балл), у одного кролика конъюнктивные выделения (1 балл). У двух из трех животных состояние слизистой полностью нормализовалось в течение 48 часов после воздействия, у одного — в течение 72 часов.

Сенсибилизирующее действие: в тесте на морских свинках по методу Бюхлера показано, что диурон не оказывает сенсибилизирующего действия на кожу.

Хроническая токсичность, органотоксичность и канцерогенность: при внутрижелудочном поступлении диурана в дозе 2500 ppm в течение 2 лет у крыс наблюдались задержка роста, анемия, наличие аномального пигмента, усиление эритропоэза и гемосидероз селезенки.

Диурон индуцировал высокую заболеваемость раком мочевого пузыря у крыс, подвергшихся воздействию высоких доз (2500 частей на миллион) в ходе двухлетнего эксперимента.

Репродуктивная токсичность, эмбриотоксичность и тератогенность: крысам Вистар вводили 125, 250 или 500 мг/кг диурана. В дозе 500 мг/кг отмечено снижение массы тела материнского организма на 15-й и 22-й день беременности, также отмечено снижение средней массы плода. В дозе 250 мг/кг диурон приводил к увеличению количества плодов с аномалиями развития (замедление оссификации позвонков и грудины, деформация ребер и развитие дополнительных пар ребер). Врожденных дефектов у потомства в дозе до 125 мг/кг/сутки не отмечено.

Мутагенные эффекты: в тесте Эймса с наличием и отсутствием метаболической активации диурон не оказывал мутагенного действия на штаммы TA 97a, TA 98, TA 100, TA 102 и TA 1535 *Salmonella typhimurium* (дозы 0,001; 0,01; 0,1; 1 и 5 мг на 1 чашку).

Диурон не проявил мутагенной активности в микроядерном тесте на мышах (дозы 62,5; 125 и 250 мг/кг м.т.).

В опытах на культуре овариальных клеток китайского хомячка — отрицательный результат с метаболической активацией (0,75 мм) и в отсутствии метаболической активации (1,25 мм).

Влияние на эндокринную систему: диурон исследован на способность разрушать эндокринную систему в двух анализах *in vitro*. Скрининг рекомбинантных дрожжей использовали для обнаружения рецептор-опосредованной (анти-) эстрогенной и (анти-) андрогенной активности (диапазон концентраций: 0,01–1000 мкМ), культивированные ооциты *Xenopus* использовали для измерения влияния на овуляторную реакцию и стероидогенез яичников (диапазон концентраций: 0,00625–62,5 мкМ). Диурон способен оказывать антиандрогенную активность при скрининге дрожжей и ингибировать овуляцию *in vitro*, что сопровождалось снижением выработки тестостерона.

На основании анализа токсикологического профиля диурана идентифицированы следующие опасные для здоровья свойства: острая токсичность при внутрижелудочном и ингаляционном путях поступления, раздражение кожи и глаз, потенциальное канцерогенное действие, избирательная токсичность на органы-мишени при многократном воздействии. Так как диурон оказывает раздражающее действие на кожу и глаза, он может раздражать верхние дыхательные пути.

Классификация опасных для здоровья свойств при производстве пестицидов проводится в соответствии с ГОСТ 12.1.007–76 [3], для разработки паспорта безопасности — по ГОСТ 32419–2022 [4].

В соответствии с ГОСТ 12.1.007–76, согласно имеющимся сведениям, диурон по острому токсическому действию при пероральном пути поступления относится к 3-му классу опасности, при нанесении на кожу — к 4-му классу опасности, при ингаляционном пути поступления — ко 2-му классу опасности, по предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны — к 3-му классу опасности (ПДК 3,0 мг/м<sup>3</sup>).

По наиболее высокому классу (острой ингаляционной токсичности) диурон может быть отнесен ко 2-му классу опасности (высоко опасные вещества).

В соответствии с ГОСТ 32419–2022 диурон по острому токсическому действию при пероральном пути поступления — 5-й класс опасности, при ингаляционном пути поступления — 4-й класс опасности, по раздражению кожи — 3-й класс, по раздражению глаз — 2В класс, по канцерогенному действию — 2-й класс опасности, по воздействию на органы-мишени при многократном воздействии — 2-й класс опасности, избирательная токсичность при однократном воздействии на органы-мишени — 3-й класс [4].

По результатам классификации при разработке паспорта и листа безопасности на диурон рекомендуем использовать следующую маркировку опасностей для здоровья, разработанную по ГОСТ 31340–2022 [5]:



Рисунок 2 — Маркировка опасностей для здоровья для диурана

Осторожно!

H303: Может причинить вред при проглатывании.

H332: Вредно при вдыхании.

H335: Может вызывать раздражение верхних дыхательных путей.

H351: Предполагается, что данная химическая продукция вызывает раковые заболевания.

H373: Может поражать органы (глаза, кожа, дыхательная система, кровь) в результате многократного или продолжительного воздействия.

H316: При попадании на кожу вызывает слабое раздражение.

H320: При попадании в глаза вызывает раздражение.

Также следует приводить дополнительную информацию о том, что диурон относится к веществам, которые нарушают работу эндокринной системы.

## Литература

1. Diuron (Ref: DPX 14 740) [Electronic resource] // PPDB: Pesticide Properties DataBase / University of Hertfordshire. — Mode of access: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/260.htm>. — Date of access: 18.08.2022.

2. Diuron [Electronic resource] // Extension Toxicology Network Pesticide Information Profiles. — Mode of access: <http://extoxnet.orst.edu/pips/diuron.htm>. — Date of access: 18.08.2022.

3. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю): утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 года № 299. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. — Глава II; Раздел 15: Требования к пестицидам и агрохимикатам. — С. 534–603.

4. Классификация опасности химической продукции. Общие требования: ГОСТ 32419–2022. — М.: Российский институт стандартизации, 2022. — 40 с.

5. Предупредительная маркировка химической продукции. Общие требования: ГОСТ 31340–2013. — Введ. РБ 01.08.2016. — Минск: Госстандарт, 2016. — 49 с.

Поступила 25.07.2022

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА ПИРИМИДИНОВОГО РЯДА ПРИ ОСТРОМ ТОКСИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕЧЕНИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

*Тимашева Г.В., к.б.н., доцент, [gulnara-vt60@yandex.ru](mailto:gulnara-vt60@yandex.ru),*

*Репина Э.Ф., к.м.н, [e.f.repina@bk.ru](mailto:e.f.repina@bk.ru),*

*Хуснутдинова Н.Ю., [h-n-yu@yandex.ru](mailto:h-n-yu@yandex.ru),*

*Каримов Д.О., к.м.н., [karimovdo@gmail.com](mailto:karimovdo@gmail.com),*

*Смолянкин Д.А., [smolyankin.denis@yandex.ru](mailto:smolyankin.denis@yandex.ru),*

*Байгильдин С.С., [baigildin.samat@yandex.ru](mailto:baigildin.samat@yandex.ru)*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Актуальной проблемой современной действительности остаются острые поражения печени, вызванные этанолом и передозировкой лекарственными препаратами. Известно, что широко применяемый в практике парацетамол или ацетаминофен (N-ацетил-*n*-аминофенол) приводит к токсическим повреждениям печени при значительных передозировках препарата [1, 2], при которых происходит накопление высоко реактивного метаболита N-ацетил-Р-бензохинонимина, усиливаются процессы перекисного окисления и деградация мембранных липидов, активируются цитолитические ферменты, что может привести к массивному некрозу клеток печени.

При алкогольной интоксикации в печени развиваются гипоксические явления и образуется дефицит энергии, а также белковая дистрофия или гипопроотеинемия, приводящая к нарушению функции гепатоцитов [3]. Поэтому исследование действия гепатопротектора при остром повреждении печени различными токсикантами в эксперименте является актуальным.

В исследованиях, проведенных ранее в отделе токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», были установлены гепатопротекторные свойства препарата пиримидинового ряда оксиметилурацила (далее — ОМУ) при экспериментальном поражении печени химическими токсикантами (дихлорэтаном, хлорфенолом, полихлорированными бифенилами). При введе-

нии ОМУ происходило ингибирование свободно-радикальных процессов, наблюдались активации репаративных процессов и защитное действие на мембраны клеток. ОМУ (5-гидрокси-6-метилурацил) был синтезирован в Уфимском Институте химии ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук [4].

Целью работы было исследовать влияние ОМУ на состояние метаболических процессов у экспериментальных крыс после острого воздействия высоких доз этанола и парацетамола.

Все эксперименты на животных проводились согласно требованиям Директивы Европейского союза 2010/63/EU (Strasbourg, 1986). Были использованы аутбредные белые крысы-самцы массой 180–220 г, содержащиеся в условиях экспериментальной клиники лабораторных животных института при температуре воздуха 20–25 °С и уровне влажности 30–70 %, при освещении 12/12 ч, кормили животных сухим сбалансированным кормом «Чара» (ООО «МультиТорг», Российская Федерация). Дизайн исследования и схема эксперимента были описаны нами ранее [5].

Крысы были разделены на следующие группы: 1-я группа — контроль по парацетамолу, получала 1 %-ный водный раствор крахмала (внутрижелудочно, эквивалентные объемы); 2-я группа получала ацетаминофен (1 г/кг массы, однократно, внутрижелудочно на 1 %-ном водном растворе крахмала); 3-я группа получала парацетамол (введение аналогичное) и оксиметилурацил (50 мг/кг массы тела, перорально), 4-я — контроль по этанолу (дистиллированная вода, внутрижелудочно), 5-я получала этанол (40 %-ный раствор из расчета 4 г/кг массы тела, однократно, перорально), 6-я группа — этанол и ОМУ (50 мг/кг массы тела, перорально). Группы 2, 3, 5, 6 были подразделены на подгруппы: в подгруппах А декапитацию проводили через 24 часа, ОМУ вводили дважды: через 1 и 24 часа после токсикантов. В подгруппах Б крыс выводили из эксперимента через 72 часа, ОМУ вводили четырехкратно: через 1, 24, 48, 72 часа после токсикантов.

В сыворотке крови определяли биохимические показатели с помощью диагностических наборов ООО «Вектор-Бест»: активность аспартатаминотрансферазы (далее — АсАТ), аланинаминотрансферазы (далее — АлАТ), щелочной фосфатазы (далее — ЩФ), лактатдегидрогеназы (далее — ЛДГ), уровень общего белка и фракции белков (альбумин и  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -глобулины), содержание холестерина и триглицеридов, мочевой кислоты.

Результаты исследований обрабатывались с использованием программы IBM SPSS Statistics 21 (IBM, USA). Нормальность распределения исследуемых выборок проверяли с помощью критерия Шапиро — Уилка. Для нормальных распределений был использован t-критерий Стьюдента, для выборок с ненормальным распределением — U-критерий Манна — Уитни. Разницу считали статистически значимой при  $p < 0,05$ .

Токсическое действие повышенных доз парацетамола и признаки метаболических нарушений проявлялись уже через 24 часа: было установлено увеличение активности индикаторных ферментов печени, более выраженное повышение активности АлАТ на 19,9 % и ЩФ на 59,7 %, разница статистически значимая по сравнению с животными группы контроля ( $p = 0,003$ ;  $p = 0,001$ ). Выявлялось изменение белкового обмена: понижение содержания белка, альбуминов, коэффициента отношения альбуминов к глобулинам, повышение  $\alpha_1$ - и  $\alpha_2$ -глобулиновых фракций в сыворотке крови по сравнению с животными контрольной группы.

Через 72 часа воздействия парацетамола выраженность процессов цитолиза нарастала, увеличение активности АлАТ составляло 37,8 % ( $p = 0,005$ ) по сравнению с контрольной группой, АсАТ — на 18,6 % и ЛДГ — на 15,9 %, ( $p = 0,005$ ). Зарегистрировано понижение уровня общего белка на 16,6 % ( $p < 0,05$ ), изменение альбумино-глобулиновых соотношений в сыворотке крови животных группы 2А: снижение процентного уровня альбуминов и повышение фракции глобулинов, что характеризовало нарушения печеночного метаболизма.

Корректирующие эффекты ОМУ сравнивали при 2- и 4-кратном влиянии. После 2-кратного перорального введения ОМУ через 1 и 24 часа на фоне воздействия ацетаминофена наблюдалась нормализация метаболических процессов, а именно снижение активности ЩФ на 18,5 % и повышение уровня общего белка на 13,9 % по сравнению с группой 2А (парацетамол).

4-кратное введение ОМУ через 1, 24, 48, 72 часа после воздействия токсиканта заметно уменьшило повреждение печени, что проявлялось в изменении сывороточной активности ферментов, прежде всего АсАТ и ЛДГ, значения которых снизились на 17,2 % и 14,8 % соответственно, у животных группы 3Б, разница была статистически значима по сравнению с группой 2Б. Определялось снижение активности АлАТ на 9,2 % в сыворотке крови животных группы 3Б относительно крыс, получавших парацетамол (2Б). Одновременно отмечалось восстановление содержания белка до  $69,4 \pm 1,5$  г/л в группе 3Б до уровня такового у крыс интактной группы ( $72,4 \pm 0,7$  г/л) по сравнению с группой 2Б ( $60,2 \pm 2,0$  г/л), повышался уровень альбуминовой фракции сыворотки крови, представляющей основную компонент белка сыворотки. Необходимо отметить, что положительное влияние ОМУ на син-

тетическую функцию гепатоцитов проявилось уже через 24 часа, что характеризует выраженные мембраностабилизирующие свойства препарата. Полученные наблюдения показали, что ОМУ обладает корректирующими свойствами для устранения гепатотоксичности ацетаминофена.

В другом эксперименте при введении этанола в дозе 50 мг/кг через 24 и 72 часа у подопытных животных обнаруживались ферментативные изменения, гипопроотеинемия и дислипидемия, что указывало на функциональную недостаточность клеток печени. Через 24 часа выявлена гиперферментемия ЛДГ и щелочной фосфатазы (на 18,2%) у крыс группы 5А, результаты статистически значимы по сравнению с животными в группе отрицательного контроля ( $p=0,004$ ), что указывало на признаки цитолитического и холестатического синдромов при воздействии этанола. В то же время активность АсАТ и АлАТ была снижена через 24 часа воздействия алкоголя. Одновременно у животных группы 5А наблюдалось понижение уровня белка на 19,4% ( $p=0,001$ ), холестерина на 29,2% ( $p=0,001$ ), повышение содержания триглицеридов на 84,2% ( $p=0,004$ ) по сравнению с контрольной группой.

После 72 часов воздействия этанола нарушения обменных процессов усилились, что привело к снижению активности ЩФ на 37,8% ( $p=0,004$ ), АсАТ и АлАТ на 12,4% и 9,6% соответственно у крыс в группе 5Б по сравнению с контролем. У животных наблюдалось устойчивое снижение уровня белка на 26,0% ( $p=0,001$ ) и холестерина на 15,9% ( $p=0,034$ ), значительное повышение уровня триглицеридов в 2,1 раза ( $p=0,002$ ), что является нарушением в адаптационных процессах и метаболических сдвигах. Следует отметить, что изменений содержания мочевой кислоты в сыворотке подопытных животных не обнаружено в обеих сериях эксперимента. Обнаруженные изменения липидного обмена (снижение уровня холестерина и увеличение триглицеридов), вероятно, были компенсаторной реакцией на нарушения биоэнергетических механизмов, которые развиваются при отравлении этанолом.

Исследования, проведенные после корректирующего воздействия ОМУ, показали следующие результаты. После перорального введения ОМУ (через 1 и 24 часа) у животных группы 6А наблюдалось повышение уровня общего белка на 19,0% до уровня  $68,23 \pm 5,19$  г/л, что характеризует восстановление белково-синтетической функции гепатоцитов. Одновременно определялась нормализация содержания холестерина ( $1,93 \pm 0,12$  ммоль/л) в группе 6А по сравнению с животными группы 5А ( $1,55 \pm 0,14$  ммоль/л), затравленными этанолом, причем разница статистически достоверна. Под влиянием ОМУ наблюдалась тенденция по нормализации уровня триглицеридов по сравнению с крысами группы 5А.

4-кратное применение ОМУ в дозе 50 мг/кг массы тела положительно сказалось на липидном и белковом обмене, а именно содержание общего белка ( $66,29 \pm 1,22$  г/л в группе 6Б по сравнению с  $52,31 \pm 2,02$  г/л в группе 5Б), холестерина ( $2,26 \pm 0,12$  ммоль/л в группе 6Б по сравнению с  $1,84 \pm 0,08$  ммоль/л в группе 5Б) и триглицеридов ( $0,74 \pm 0,12$  в группе 6Б по сравнению с  $1,49 \pm 0,20$  ммоль/л в группе 5Б) восстановилось до значений контрольной группы. Следует отметить, что различия в значениях этих показателей между группами 5Б и 6Б были статистически значимыми, что подтверждает значимое влияние ОМУ на улучшение метаболических процессов на ранних стадиях воздействия. Следует отметить, что определение активности ферментов выявило нормализацию активности щелочной фосфатазы после введение ОМУ на ранних сроках воздействия, в отношении АсАТ и АлАТ обнаружена тенденция к нормализации активности ферментов.

Сравнение степени биохимических изменений у экспериментальных животных при остром поражении печени этанолом и парацетамолом при передозировке позволило констатировать: ОМУ обладает положительным гепатопротекторным эффектом, что проявляется в коррекции процесса цитолиза в клетках печени. Необходимо отметить, что ОМУ восстанавливает белкосинтетическую функцию гепатоцитов. Положительное влияние ОМУ, вероятнее всего, приводило к усиленному синтезу белковых компонентов мембран и выражалось в мембраностабилизирующих свойствах препарата. Наиболее значимые положительные сдвиги были зарегистрированы в условиях 4-кратной коррекции ОМУ поражений печени, вызванных обоими токсикантами — этанолом и парацетамолом. Наши данные подтверждают результаты предыдущих исследователей, указывающие на гепатопротекторные свойства препарата. Результаты исследований позволяют рекомендовать использование оксиметилурацила для коррекции гепатотоксических эффектов при острых поражениях печени.

## Литература

1. Józwiak-Bębenista, M. Paracetamol: mechanism of action, applications and safety concern / M. Józwiak-Bębenista, J.Z. Nowak // Acta Pol Pharm. — 2014. — Vol. 71. — P. 11–23.
2. Bunchorntavakul, C. Acetaminophen (APAP or N-Acetyl-p-Aminophenol) and Acute Liver Failure / C. Bunchorntavakul, K.R. Reddy // Clin Liver Dis. — 2018. — Vol. 22, № 2. — P. 325–346.
3. Биохимия и алкоголизм (I): метаболические процессы при алкоголизме / И.М. Рослый [и др.] // Вопросы наркологии. — 2004. — № 2. — С. 70–77.

4. Экспериментальная фармакокоррекция токсических поражений печени антиоксидантами / В.А. Мышкин [и др.]. — Уфа: Принт-2, 2016. — 173 с.

5. Метаболические изменения при остром воздействии парацетамолом и оценка эффективности гепатопротективных препаратов / Г.В. Тимашева [и др.] // Гигиена и санитария. — 2020. — Т. 99, № 9. — С. 1016–1021.

Поступила 05.09.2022

## КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РЕЛЕВАНТНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПЕСТИЦИДАХ-ДЖЕНЕРИКАХ

*Юркевич Е. С., к.м.н., yrkevich.elena@gmail.com,  
Ильюкова И.И., к.м.н., toxlab@mail.ru,  
Клочкова О.П., olya.klochkova@mail.ru,  
Иода В.И., wikuschka.ioda@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Эффективность и опасность пестицида для человека и окружающей среды зависят не только от биологической активности и токсичности его действующего вещества, влияния на эти свойства инертных компонентов пестицидного препарата, но и от качества пестицида. Под качеством пестицида понимается его соответствие установленным критериям и нормам по составу, химическим и физическим свойствам технического продукта действующего вещества и препаративных форм пестицида.

Согласно международным рекомендациям Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций и Всемирной организации здравоохранения (далее — ФАО/ВОЗ) (Manual on Development and Use of FAO and WHO specifications, 2016) и требованиям Регламента Европейского союза (далее — ЕС) 1107/2009 технические продукты для пестицидов-дженериков допускаются на рынок при условии эквивалентности эталонным действующим веществам. В настоящее время эталонные данные, в том числе и допустимые уровни опасных примесей в различных технических продуктах, предназначенных для производства химических средств защиты растений, приведены в руководстве ФАО/ВОЗ по разработке и использованию спецификаций для пестицидов [1, 2].

В мировой практике давно реализован и продолжает развиваться глобальный проект стандарта качества пестицидов — ФАО/ВОЗ спецификации пестицидов, которые представляют собой международно принятые механизмы и результаты оценки качества пестицидов, изложенные в руководстве Manual on Development and Use of FAO and WHO Specifications for Pesticides. Подходы к разработке спецификаций пестицидов гармонизированы с процедурами их регистрации во многих странах и используются в соответствующих нормативных документах, например, в руководящем документе ЕС № 1107/2009, а результаты проведенных оценок качества пестицидов размещены на сайте ФАО. К настоящему времени опубликовано около 400 спецификаций пестицидов [3].

ФАО/ВОЗ спецификация, разрабатываемая экспертами на основании материалов, представленных производителями пестицидов, и утвержденная на ежегодных ФАО/ВОЗ совместных заседаниях по Спецификациям Пестицидов — ФАО/ВОЗ Joint Meeting on Pesticide Specifications (JMPS), устанавливает международный стандарт качества конкретного (как правило, нового и оригинального) пестицида и содержит информацию о его составе, химических и физических свойствах, которые могут влиять на опасность пестицида. Прежде всего это данные о токсикологически значимых примесях технического продукта действующего вещества. ФАО/ВОЗ спецификация пестицида может распространяться на аналогичные продукты других производителей по более упрощенной процедуре установления их эквивалентности оригинальному пестициду [3].

Действующие вещества-дженерики (препараты-аналоги) могут отличаться от оригинальных продуктов по своей активности из-за повышенного уровня или измененного состава примесей по следующим причинам: изменение технологий производства; добавление или изменение состава примесей; превышение количества примесей относительно лимитирующего уровня; нарушение условий хранения; замены сырьевых компонентов; в результате побочных реакций (например, с водой) из-за со-формулянтов или неправильной упаковки.

Приведенные выше причины могут увеличивать уровни соответствующих (токсичных) примесей в технических и рецептурных пестицидах, которые в свою очередь могут изменять токсико-

логические характеристики изучаемых соединений и как следствие являться потенциально неэквивалентными веществам-оригинаторам по своему качественно-количественному составу.

Из чего можно заключить, что обязательным является подтверждение эквивалентности технических продуктов, поступающих из новых источников или полученных с использованием измененной технологии производства, оригинальным действующим веществам, с целью предотвращения поступления на потребительский рынок опасных для человека веществ.

В международных документах и применяемых на практике в некоторых странах алгоритм определения эквивалентности технических продуктов пестицидов-аналогов, как правило, включает два этапа.

Согласно рекомендациям ФАО/ВОЗ, некоторые технические продукты действующих веществ от разных производителей или полученные с использованием измененной технологии уже на первом этапе могут быть признаны эквивалентными, если они отвечают требованиям, прописанным в соответствующих спецификациях ФАО/ВОЗ, и результаты их оценки удовлетворяют следующим критериям:

- нет новых релевантных примесей (то есть побочных продуктов производства или хранения пестицида, которые в сочетании с действующим веществом опасны для человека и окружающей среды, фитотоксичны для растений, подвергаемых обработке, приводят к болезням сельскохозяйственных культур, влияют на стабильность пестицида или вызывают другие неблагоприятные эффекты) и максимальный уровень релевантных примесей не повышен;

- максимальный уровень (предел, установленный для данного производства) нерелевантной примеси не повышен более чем на 50% (относительно максимального уровня в так называемом «референтном профиле», включающем в себя данные о чистоте/примесях, токсикологические и экотоксикологические данные, на которых основана спецификация оригинального технического продукта) или максимальный абсолютный уровень (предел, установленный для данного производства) не превышен более чем на 3 г/кг (при этом выбирают наибольшее превышение);

- пределы отличий в максимальных концентрациях нерелевантной примеси превышены, но представлены обоснованные аргументы и данные, подтверждающие, что конкретные примеси все еще можно считать нерелевантными;

- новые примеси присутствуют на уровне  $\geq 1$  г/кг, но представлены обоснованные аргументы и данные, подтверждающие, что данные примеси являются нерелевантными;

- показатели, полученные при оценке токсикологического профиля, сравнимы с показателями для референтного вещества как по отдельным конечным точкам, так и по общему результату [3].

Если информация, полученная на первом этапе, недостаточна для решения вопроса об эквивалентности или неэквивалентности, например, когда максимальная концентрация релевантных примесей превышена и/или присутствуют новые релевантные примеси, необходима соответствующая токсикологическая, экотоксикологическая или другая информация о техническом продукте в целом или примесях для оценки на втором этапе.

При этом технические продукты, полученные от разных производителей или разными способами производства, считают эквивалентными, если результаты оценки токсикологического профиля, осуществленной на втором этапе, показали, что профили удовлетворяют следующим требованиям:

- данные оценки токсикологического профиля, основанного на определении острой пероральной, дермальной и ингаляционной токсичности, раздражающего действия на кожу и слизистые оболочки глаза, сенсibiliзирующего действия, не отличаются более чем в 2 раза по сравнению с референтным профилем (иногда отличие может быть больше чем в 2 раза, но при этом коэффициент не должен превышать соответствующие прибавления доз), при этом не должно быть изменения класса опасности по определенному критерию (например, изменение класса опасности по острой пероральной токсичности);

- рассмотренные в случае необходимости дополнительные токсикологические данные, полученные в субхронических и хронических экспериментах, а также в исследованиях репродуктивной токсичности, эмбриотоксичности, генотоксичности, канцерогенности, нейротоксичности и т.д., также удовлетворяют критериям, указанным в предыдущем пункте; при этом ориентировочная доза не должна отличаться более чем в 2 раза или значения максимальной дозы без видимых эффектов (NOEL), или уровень, при котором не наблюдается неблагоприятного воздействия (NOAEL), не должны отличаться больше, чем различия в уровнях используемых доз.

Описанный выше алгоритм оценки эквивалентности положен в основу Руководства Европейской комиссии по оценке эквивалентности технических продуктов [4], в котором также предусмотрены два этапа.

На первом этапе эквивалентность признается, если чистота технического продукта не ниже, чем чистота, указанная в спецификации технического продукта фирмы-оригинатора (с учетом соотноше-

ния изомеров); отсутствуют новые примеси; пределы релевантных примесей не превышены, а пределы нерелевантных примесей не превышены более чем на 3 г/кг (если в спецификации оригинального вещества содержание такой примеси  $\leq 6$  г/кг) или более чем на 50 % от предела, установленного для технического продукта фирмы-оригинатора (если в спецификации содержание такой примеси  $> 6$  г/кг).

В отличие от рекомендаций ФАО/ВОЗ Европейская комиссия не включила в первый этап оценку мутагенности (генотоксичности), но особого противоречия в этом нет, так как в случае присутствия новых примесей или повышенного уровня примесей, содержание которых  $> 0,1$  %, оценка генотоксичности обязательна [5].

Кроме того, в отношении технических продуктов пестицидов некоторых особо опасных веществ, в том числе опасных с точки зрения мутагенности, установлены строгие пределы максимальных концентраций. В частности, для N-нитрозаминов, являющихся генотоксичными канцерогенами, установлен максимальный уровень 1 мг/кг. И в том случае, если общее содержание N-нитрозаминов превышает указанный предел, обязательно требуется оценка мутагенности конкретных присутствующих N-нитрозосоединений [5].

Если в ходе первого этапа невозможно оценить эквивалентность, то, согласно рекомендациям Европейской комиссии, необходимо приступить ко второму этапу. Причем сначала рассматривают информацию о токсичности продукта, и только когда есть определенные опасения, что технический продукт действующего вещества может оказывать неблагоприятное воздействие, следует проводить дополнительные исследования на животных. Подобные опасения должны возникать в случае присутствия новых примесей, и/или повышенных уровней релевантных примесей, и/или повышенных уровней нерелевантных примесей, содержание которых  $> 1$  г/кг.

Прежде всего во всех случаях наличия новых/повышенных уровней примесей рекомендуют оценивать содержание пестицидов с использованием моделей, позволяющих по структурам химических соединений предсказывать их свойства, в том числе и генотоксичность. Для этой цели широко используют анализы Quantitative Structure-Activity Relationship (количественная взаимосвязь между структурой и активностью) (далее — (Q)SAR) или Structure-Activity Relationship (анализ зависимости структура-активность).

Оценка мутагенности в *in vivo* и *in vitro* тестах, наряду с (Q)SAR-анализом, необходима при наличии новых/повышенных уровней примесей, содержание которых  $> 0,1$  %, но  $< 1$  %. При этом важно, чтобы в исследовании была использована максимально возможная доза для адекватной оценки мутагенного потенциала примеси, присутствующей в техническом продукте на низком уровне [5].

Кроме того, с учетом предполагаемого уровня экспозиции для операторов/потребителей рассматривается необходимость в дополнительных исследованиях:

- острой токсичности при пероральном введении;
- и/или сенсibiliзирующего действия;
- и/или репродуктивной и эмбриотоксичности;
- и/или нейротоксичности.

В случае если в техническом продукте уровень новой примеси превышает 5 % или по каким-то причинам заявителем не представлена полная спецификация, требуется проведение 28- или 90-дневных исследований для оценки эффектов многократных доз.

Некоторые неевропейские страны используют сходные принципы для оценки эквивалентности технических продуктов. Так, в Бразилии применяют трехэтапный подход:

- первый этап — оценка химического профиля;
- второй этап — оценка профиля острой токсичности и мутагенности;
- третий этап — оценка токсикологического профиля при действии многократных доз. На практике в Бразилии основная масса технических продуктов признается эквивалентными на первом этапе. Примерно 25 % пестицидов подвергаются испытаниям на втором этапе, и только менее чем в 1 % случаев необходим третий этап [5].

В Китае разрабатывают новые положения об оценке эквивалентности с учетом алгоритма, предлагаемого ФАО/ВОЗ. До настоящего времени в этой стране оценивали только чистоту технического продукта действующего вещества, которая не должна быть ниже, чем для оригинального продукта, и уровни нерелевантных примесей, которые должны быть в пределах их переносимости. Если присутствуют новые примеси, для принятия решения необходимы сведения об их опасности для млекопитающих и данные об экотоксичности [5].

Во всех алгоритмах определения эквивалентности, приведенных в международных документах, оценка мутагенности является обязательной при наличии новых примесей на уровне более 0,1 %.

На основании международного опыта и имеющихся в литературе данных можно заключить, что обязательным является подтверждение эквивалентности технических продуктов, поступающих

из новых источников или полученных с использованием измененной технологии производства, оригинальным действующим веществам, в том числе с позиции идентификации опасных свойств, особенно по показателям мутагенности, генотоксичности, нейротоксичности и способности нарушать функцию воспроизводства. Подобный подход позволит не допустить поступления на рынок технических продуктов пестицидов, содержащих генетически опасные вещества.

В настоящее время в Республике Беларусь при проведении государственной токсиколого-гигиенической оценки пестицидов специалисты ориентируются на рекомендации, изложенные в международных руководствах, однако отсутствие унифицированных и утвержденных Министерством здравоохранения методических документов, устанавливающих единые критерии и принципы токсиколого-гигиенической оценки для определения эквивалентности различных источников технических продуктов пестицидов-дженериков по сравнению с оригинальными действующими веществами, не позволяют рационально и объективно оценивать безопасность с учетом национальных требований и в полном объеме проводить токсиколого-гигиеническую оценку безопасности химических средств защиты растений для здоровья населения.

Следовательно, в Республике Беларусь не в полной мере гармонизирована с международными требованиями процедура государственной регистрации пестицидов, а именно: спецификации ФАО являются лишь ориентиром для заинтересованных сторон в управлении пестицидами; национальный орган по регистрации пестицидов официально не погружен в процесс эквивалентности, описанный в Руководстве ФАО/ВОЗ по пестицидам; не предусмотрена официальная публикация списка разрешенных пестицидов с указанием их основных параметров (производитель, минимальная чистота, максимальное содержание примесей); отсутствует официальная схема мониторинга пестицидов, которая включает примеси.

Как следствие вышеизложенное определяет необходимость установления на национальном уровне унифицированного метода токсиколого-гигиенической оценки эквивалентности технических продуктов пестицидов-дженериков оригинальным действующим веществам с учетом международных рекомендаций ФАО/ВОЗ.

## Литература

1. Руководство по разработке и использованию спецификаций ФАО и ВОЗ для пестицидов = Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения. — 1-е изд., 3-я ред. — Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/246192>. — Дата доступа: 08.09.2022.

2. Регламент Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 1107/2009 от 21 октября 2009 г. о размещении на рынке продукции для защиты растений и отмене Директив Совета ЕС 79/117/ЕЭС и 91/414/ЕЭС [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:EN:PDF>. — Дата доступа: 08.09.2022.

3. Manual on the development and use of FAO and WHO specifications for chemical pesticides [Electronic resource] / FAO and WHO. — 2d ed. — Rome; Geneva, 2022. — Mode of access: <https://www.fao.org/3/cb8401en/cb8401en.pdf>. — Date of access: 09.09.2022.

4. Guidance document on the assessment of the equivalence of technical materials of substances regulated under Regulation (EC) 1107/2009 [Electronic resource]. — Mode of access: [https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/pesticides\\_ppp\\_app-proc\\_guide\\_phys-chem-ana\\_subst-tech\\_201207.pdf](https://ec.europa.eu/food/system/files/2016-10/pesticides_ppp_app-proc_guide_phys-chem-ana_subst-tech_201207.pdf). — Date of access: 09.09.2022.

5. *Илюшина, Н. А.* Оценка эквивалентности технических продуктов пестицидов-аналогов оригинальным действующим веществам по критерию «мутагенность» / Н. А. Илюшина // Экологическая генетика. — 2019. — Т. 17, № 2. — С. 101–112.

Поступила 14.09.2022

## Раздел 6

# ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ

---

### ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ПЕСТИЦИДА — ПРОИЗВОДНОГО СЛОЖНОГО 2-ЭТИЛГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА В ОСТРОМ И СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Богданова А. В., *bogdanovaav@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Действующие вещества пестицидов, рекомендуемых к применению в сельском хозяйстве, должны проходить всестороннее токсиколого-гигиеническое изучение, что является основой для предотвращения неблагоприятного влияния пестицидов на здоровье работающих и населения, а также на санитарное состояние окружающей среды.

Целями работы являлись определение параметров острой токсичности при введении вещества в желудок и нанесении на кожу, оценка раздражающего действия на кожу и слизистую оболочку глаза, изучение сенсibilизирующего эффекта и характера биологического действия действующего вещества пестицида, производного сложного 2-этилгексилового эфира (флукарбазона) в 3-месячном субхроническом эксперименте.

Токсикологические исследования выполнялись в соответствии с принятыми методическими подходами, соответствующими принципам надлежащей лабораторной практики (GLP). В 3-месячном субхроническом эксперименте на крысах-самцах были испытаны следующие дозы действующего вещества пестицида: 1, 5 и 15 мг/кг массы тела. Оценка функционального состояния организма животных была проведена по интегральным и специфическим показателям.

В результате проведенных исследований были установлены параметры среднесмертельных доз: перорально для самцов крыс  $989,86 \pm 202,45$  мг/кг массы тела, дермально  $> 2000$  мг/кг массы тела. Было выяснено, что действующее вещество пестицида не оказывает раздражающего действия на кожу крыс и кроликов, однако оказывает раздражающее действие на слизистую оболочку глаза кроликов и при этом не обладает сенсibilизирующим эффектом.

Установлено, что при многократном пероральном введении действующего вещества пестицида, сложного 2-этилгексилового эфира, он обладает политропным действием на организм крыс-самцов в дозе 15 мг/кг массы тела. Дозы действующего вещества пестицида 1 и 5 мг/кг не вызывали статистически значимых изменений в организме подопытных животных по изученным показателям.

Таким образом, доза действующего вещества пестицида, сложного 2-этилгексилового эфира, 5 мг/кг может быть принята в качестве минимально действующей, а доза 15 мг/кг — в качестве максимально действующей, при которой не наблюдается неблагоприятный эффект.

Поступила 06.09.2022

## ПРЕДИКТОРЫ КОМПЕНСАТОРНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛИЗОСОМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛЕТОК ПЕЧЕНИ В УСЛОВИЯХ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

<sup>1</sup> Глинская Т.Н., к.м.н., доцент, [glinsky@tut.by](mailto:glinsky@tut.by),

<sup>2</sup> Зиновкина В.Ю., к.м.н., доцент, [zinovkina@mail.ru](mailto:zinovkina@mail.ru)

<sup>1</sup> Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр пульмонологии и фтизиатрии», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup> Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

На моделях токсического поражения печени, воспроизводящих повреждение органа по цитолитическому или холестатическому типу, определено состояние показателей функциональных резервов лизосомальной системы гепатоцитов в качестве прогностических маркеров в динамике использования нагрузочного теста с интрагастральным введением «ударной» дозы (далее —  $\frac{1}{3} LD_{50}$ ) гепатотропного яда (далее —  $CCl_4$ ).

Моделирование внепеченочного холестаза у крыс осуществлялось путем перевязки и перерезки общего желчного протока с соблюдением правил асептики и антисептики под гексеналовым наркозом. Моделирование хронического токсического поражения печени осуществляли подкожным введением  $CCl_4$  по стандартной методике (подкожное введение  $CCl_4$ , разведенного в соотношении 1 : 1 подсолнечным маслом, в дозе 0,3 мл /100 г массы тела дважды в неделю с интервалом в 2–3 дня). Обращение с животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики.

Нагрузочные пробы ( $\frac{1}{3} LD_{50}$ ,  $CCl_4$ ) в условиях экспериментов проводились в следующие сроки: при холестазах — 12 часов, 3-и, 7-е, 14-е и 21-е сутки; при хроническом токсическом поражении печени — на 26-е сутки, на 10-й и 12-й неделе. При проведении токсикологического эксперимента оценивалась общая и неседиментируемая активность лизосомальных кислых нуклеаз в ткани печени, отношение неседиментируемой активности к общей активности. Анализ проводился на основе сравнения с реакцией тех же показателей у здорового контроля на проведение нагрузочного теста, результаты выражались в процентном отношении.

При холестатическом повреждении печени (12 часов — 3-и сутки) на фоне преобладания процессов повреждения на субклеточном уровне в первые 12 часов холестаза «ударная» нагрузка  $CCl_4$  вызывала угнетение всех видов активности кислых нуклеаз и сопровождалась некоторым снижением проницаемости лизосомальных мембран. На фоне 3-дневного холестаза «ударная» нагрузка вела к сравнительно небольшому увеличению неседиментируемой активности кислой дезоксирибонуклеазы, неседиментируемая активность кислой рибонуклеазы не претерпевала существенных изменений по сравнению с предыдущим сроком холестаза. Общая активность кислых нуклеаз снижалась по отношению к контролю для кислой дезоксирибонуклеазы на 23,0% ( $p < 0,05$ ) и кислой рибонуклеазы — на 59,0% ( $p < 0,01$ ). Существенно возростала проницаемость мембран по отношению к кислой дезоксирибонуклеазе (на 58,0%;  $p < 0,05$ ). Проницаемость лизосомальных мембран для кислой рибонуклеазы оказалась статистически недостоверной. Оценка результатов теста демонстрирует отсутствие признаков развития компенсаторных реакций на данном сроке моделируемой патологии.

Проведение «ударной» нагрузки  $CCl_4$  на 26-е сутки хронического токсического поражения печени в дозе  $\frac{1}{3} LD_{50}$  выявило увеличение резервных возможностей лизосомальной системы пораженного органа. Это выражалось в более значительном, чем у интактных животных, росте в ответ на «ударную» нагрузку общей активности кислых нуклеаз (для кислой дезоксирибонуклеазы — в 2,2 раза, для кислой рибонуклеазы — в 1,9 раза;  $p < 0,05$ ), неседиментируемой активности (в 3,4–3,7 раза;  $p < 0,05$ ) и отношения неседиментируемой активности к общей активности изучаемых ферментов (в 1,9–2,4 раза;  $p < 0,05$ ) по сравнению с данными нагрузочного теста в контроле. Результаты теста свидетельствуют о начале формирования к 26-м суткам компенсаторных реакций на субклеточном уровне в условиях данной модели.

К 7-м суткам экспериментального внепеченочного холестаза происходит развитие компенсаторных реакций, что подтверждается результатами теста. «Ударная» нагрузка  $CCl_4$  ( $\frac{1}{3} LD_{50}$ ) сопровождалась значительным увеличением общей активности нуклеаз (кислой рибонуклеазы — в 2,0 раза;  $p < 0,01$ , кислой дезоксирибонуклеазы — в 1,3 раза;  $p < 0,05$ ) по сравнению с реакцией контроля. Параллельно с увеличением общей активности возростала неседиментируемая активность ферментов, которая составила для кислой рибонуклеазы 265,0% ( $p < 0,01$ ), кислой дезоксирибонуклеазы — 34,0% ( $p < 0,05$ ) от контрольного нагрузочного уровня. Показатель отношения неседиментируемой активности к общей

активности нуклеаз отражал возрастание стабилизации мембран лизосом. Характер изменений свидетельствует о возросших функциональных резервах лизосомальной системы клеток печени.

Анализ результатов «пробы с нагрузкой» у крыс с хроническим токсическим поражением печени показал, что признаки увеличения резервных возможностей лизосом гепатоцитов достигали к 10-й неделе своего максимума. На данном этапе моделируемой патологии отмечался значимый прирост в ответ на нагрузку общей активности кислой дезоксирибонуклеазы (в 2,2 раза;  $p < 0,05$ ) и кислой рибонуклеазы (на 169,0%;  $p < 0,05$ ) по сравнению с данными нагрузочного теста в контроле. По сравнению с предыдущим сроком токсикологического эксперимента отмечалась выраженная стабилизация лизосомальных мембран для кислых нуклеаз. Подобные изменения (рост общей активности, стабилизация мембран органелл) свидетельствуют об увеличении резервных возможностей лизосомальной системы гепатоцитов и их роли в реакциях компенсации при моделируемой патологии.

На 14-е сутки развития внепеченочного холестаза реакция на интрагастральное введение  $CCl_4$  была выражена в меньшей степени, чем в предыдущий срок эксперимента, что косвенно свидетельствовало о начале периода снижения резервных возможностей лизосомальной системы гепатоцитов и являлось наиболее ранним предиктором развития декомпенсации.

На 21-е сутки моделирования внепеченочного холестаза на фоне преобладания процессов повреждения воздействие «ударной» дозы  $CCl_4$  вызывало минимальные сдвиги в активности гидролаз. Неседиментируемая активность кислых нуклеаз практически не отличалась от уровня нагрузочного контроля, общая активность ферментов была ниже, чем в контроле, для кислой дезоксирибонуклеазы — на 21,0% ( $p < 0,01$ ), для кислой рибонуклеазы — на 11,0% ( $p > 0,05$ ). Показатель неседиментируемой активности к общей превышал контроль для кислой дезоксирибонуклеазы на 14% ( $p > 0,05$ ), для кислой рибонуклеазы — на 36,0% ( $p < 0,05$ ).

Проведение «ударной» нагрузки  $CCl_4$  на 12-й неделе хронического токсического поражения печени в дозе  $\frac{1}{3}LD_{50}$  выявило начальные признаки снижения резервных возможностей лизосомальной системы гепатоцитов. По отношению к кислой рибонуклеазе отмечался менее значительный прирост общей активности гидролазы (на 111,0%;  $p < 0,05$ ), вновь нарастала проницаемость мембран для фермента (на 29,0%;  $p < 0,05$ ) по сравнению со сроком моделируемой патологии 10 недель. Для кислой дезоксирибонуклеазы общая активность продолжала нарастать, показатель отношения неседиментируемой активности к общей практически не отличался от значения показателя на предыдущем сроке эксперимента.

Попытка эксперимента по проведению «ударной» нагрузки  $CCl_4$  в дозе  $\frac{1}{3}LD_{50}$  на 36-й неделе хронического токсического поражения печени, характеризующейся выраженным истощением функциональных резервов лизосомальной системы клеток печени, привела к 100% гибели лабораторных животных и далее не воспроизводилась.

Таким образом, изменения тканевой активности лизосомальных гидролаз гепатоцитов в динамике развития токсических поражений печени в моделируемых условиях токсикологического эксперимента в ответ на «ударную» нагрузку  $CCl_4$  (в дозе  $\frac{1}{3}LD_{50}$ ) характеризуют состояние функциональных резервов органелл и позволяют судить о соотношении процессов повреждения и компенсации на субклеточном уровне. Данные показатели являются объективными предикторами состояния компенсаторных возможностей лизосомальной системы клеток пораженного органа.

Поступила 25.08.2022

## **ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ТОВАРАХ ПОТРЕБЛЕНИЯ**

*Гомолко Т.Н., tgomolko@mail.ru,  
Ильюкова И.И., к.м.н., toxlab@mail.ru,  
Петрова С.Ю., к.м.н., petrova524a@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Химические вещества, применяемые в повседневной жизни и приносящие пользу, при их неправильном использовании, несоблюдении мер предосторожности при работе с ними представляют потенциальную опасность. С целью снижения рисков и предупреждения негативного воздействия

химических веществ на здоровье населения необходимо иметь сведения, которые отражали бы основные свойства химической продукции, возможные проявления ее опасного воздействия на организм и окружающую среду.

На национальном, региональном и международном уровнях существуют базы данных, которые содержат сведения о потенциальном воздействии химических веществ при разных способах их использования.

Разные страны предъявляют различные требования к идентификации опасностей, а также информации, которая должна содержаться на маркировке и в паспортах безопасности. Для унификации подходов к идентификации опасностей химических веществ под эгидой Организации Объединенных Наций была разработана Согласованная на глобальном уровне система классификации опасности и маркировки химической продукции (далее — СГС). В соответствии с СГС опасности, которыми обладает химическая продукция, подразделяются на три вида: физические опасности, опасности для здоровья человека и опасности для окружающей среды.

Основными критериями, позволяющими идентифицировать химические вещества как опасные для здоровья человека, являются следующие:

- способность вызывать общетоксическое действие при различных путях поступления: перорально, через кожу, при вдыхании;
- способность вызывать разъедание/раздражение кожи;
- способность вызывать серьезное повреждение/раздражение глаз;
- способность вызывать респираторную или кожную сенсibilизацию;
- способность оказывать канцерогенное действие;
- способность оказывать мутагенное действие;
- способность влиять на репродуктивную функцию;
- способность обладать специфической избирательной токсичностью, поражающей отдельные органы-мишени или системы при однократном воздействии;
- способность обладать специфической избирательной токсичностью, поражающей отдельные органы-мишени системы при многократном или продолжительном воздействии.

При изучении компонентного состава различных видов химической продукции, наиболее часто употребляемой в быту и на производстве (средств бытовой химии и защиты растений, удобрений и агрохимикатов, дезинфицирующих средств, лакокрасочных материалов промышленных химикатов, включая химические вещества с особыми характеристиками, нефть и продукты переработки нефти), установлено, что в состав входят вещества, которые идентифицируются как опасные для здоровья человека.

Средства бытовой химии обладают разными видами опасности. Например, синтетические моющие средства содержат анионные поверхностно-активные вещества, которые влияют на репродуктивную функцию мужчин. Полироли для металлических поверхностей содержат нефтяные дистилляты, кратковременное воздействие которых может привести к временному расстройству зрения, а долговременное — к нарушениям функционирования нервной системы, почек, органов зрения и к заболеваниям кожи. В состав чистящих веществ для стеклянных поверхностей входит нашатырный спирт, который приводит к раздражению глаз, верхних дыхательных путей, вызывает головные боли. Нитробензол, содержащийся в полироли для полов и мебели, вызывает обесцвечивание кожи, одышку, рвоту, а в особо тяжелых случаях — летальный исход. Длительное воздействие этого вещества может стать причиной раковых заболеваний, врожденных дефектов у детей. Пятновыводители и средства для чистки ковров и ковровых покрытий содержат растворы перхлорэтилена, или 1-1-1 трихлорэтана. Данные вещества приводят к дисфункции почек и печени, при продолжительном воздействии могут стать причиной развития раковых заболеваний. В состав препаратов от моли входят нафталины или парадихлорбензол. Нафталины являются канцерогенами, пагубно влияют на зрение, кровеносную систему, почки, печень, кожу и центральную нервную систему. Парадихлорбензол приводит к нарушению функций центральной нервной системы, почек и печени. Ароматические вещества, входящие в кондиционеры для белья, могут вызвать аллергические реакции. Обычные освежители воздуха в аэрозолях, с легкостью проникая в легкие и через кожу, вызывают цирроз печени, болезнь Паркинсона, также аллергические реакции.

Средства защиты растений (пестициды) используются в сельскохозяйственном производстве и в быту. Широкое применение пестицидов привело к возникновению связанных со здоровьем проблем. Они могут оказывать острое и/или хроническое токсическое воздействие на организм и представляют повышенную опасность для детей. Многие ингредиенты пестицидов являются известными или доказанными канцерогенами, веществами, нарушающими функцию эндокринной системы.

Сырье, используемое для производства минеральных удобрений, содержит стронций, уран, цинк, свинец, кадмий. Как примеси эти элементы входят в суперфосфаты, в калийные удобрения.

Наиболее опасны тяжелые металлы: ртуть, свинец, мышьяк, кадмий. Последний разрушает эритроциты, нарушает работу почек, кишечника, размягчает костную ткань.

При производстве лакокрасочных материалов к опасным веществам относят пары летучих органических соединений, аэрозоли, представляющие собой дисперсные системы, состоящие из жидких частиц летучих органических соединений или твердых частиц пигмента или наполнителя, находящихся во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны. Опасные вещества, входящие в состав лакокрасочных материалов, могут оказывать воздействие на организм человека через дыхательные пути, кожу и пищеварительный тракт.

Защита населения от воздействия химических веществ в первую очередь зависит от хорошо организованной системы обеспечения информацией заинтересованных групп пользователей.

С этой целью по результатам выполнения задания «Разработать научно обоснованные критерии безопасного обращения химической продукции на территории Республики Беларусь» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» разработана «Информационная база данных, содержащая сведения об опасных свойствах для здоровья населения химической продукции, имеющей обращение на территории Республики Беларусь» (регистрационное свидетельство № 1762126872 от 09.11.2021), включенная в Государственный регистр информационных ресурсов, ведение которого осуществляет республиканское унитарное предприятие «Центр цифрового развития» Министерства связи и информатизации Республики Беларусь.

Поступила 08.09.2022

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ЭМБРИОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ *IN VITRO* ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Грынчак В. А., к. м. н., [grinchakva@gmail.com](mailto:grinchakva@gmail.com),

Лисовская Г. В., [ptiza-igl@mail.ru](mailto:ptiza-igl@mail.ru),

Крыж Т. И., [tanya\\_koustousova@mail.ru](mailto:tanya_koustousova@mail.ru),

Ланно Л. Г., [lida\\_lappo@bk.ru](mailto:lida_lappo@bk.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Государственная политика в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения направлена на предотвращение неблагоприятного воздействия химического фактора на организм человека, в том числе на репродуктивную функцию. По данным Всемирной организации здравоохранения, в Республике Беларусь, как и во всем мире, остается актуальной проблема бесплодия супружеских пар, удельный вес которых ежегодно составляет около 14 % и не имеет тенденции к снижению. В связи с этим важнейшее значение придается изучению репродуктивной токсичности при токсиколого-гигиенической оценке химических веществ, материалов и изделий как элементу профилактических мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения страны. Особого внимания заслуживает оценка репротоксичности новых химических веществ, внедряемых в производство медицинских изделий, поскольку их прямому воздействию может подвергаться внутренняя среда организма пациента. Согласно действующим техническим нормативным правовым актам все химические вещества и изделия медицинского назначения перед выходом на рынок должны быть изучены по показателям токсического действия на репродуктивную функцию.

Целями исследования являлись изучение и анализ литературных данных и методов оценки эмбриотоксического действия *in vitro* химических веществ и медицинских изделий.

В настоящее время оценка репродуктивной токсичности химических веществ и медицинских изделий проводится в соответствии с методами *in vivo*, изложенными в инструкции по применению № 057–1215 «Определение репродуктивной/эмбриональной токсичности химической продукции (химических веществ и их смесей) (скрининговый метод)» (утверждена заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 30.08.2016); с международным методом Организации экономического сотрудничества и развития Test № 421 «Reproduction/Developmental Toxicity Screening Test» и стандартом ISO 10993–3:2014 «Оценка биологического действия медицинских изделий. Исследования генотоксичности, канцерогенности

и токсического действия на репродуктивную функцию». При этом методы *in vivo* являются трудоемкими, длительными, дорогостоящими и требуют использования большого количества млекопитающих. В последние десятилетия особую значимость приобрела гуманизация токсикологических экспериментов — сокращение использования традиционных лабораторных животных и замена их альтернативными методами. Разработанные альтернативные модели для изучения репродуктивной токсичности применяются для оценки эмбриотоксичности, они менее трудоемкие и соответствуют этическому, разумному использованию лабораторных животных в медико-биологических исследованиях.

Одной из наиболее чувствительных и легко воспроизводимых моделей *in vitro* для изучения эмбриональной токсичности является модель на основе первичных эмбриональных клеток зачатков конечностей крыс (микромасса). Культивированные клетки зачатков конечностей сохраняют свои наиболее важные для эмбриогенеза функции, такие как адгезия, движение, деление и дифференцировка. По нарушению роста и дифференцировки клеток после их обработки тестовым соединением можно судить об эмбриотоксическом потенциале на средних и поздних стадиях развития млекопитающих. Одно животное обеспечивает достаточное количество клеток для создания необходимой культуры, что делает эту модель более экономичной, чем культивирование целых эмбрионов млекопитающих или изолированных эмбриональных органов, которые сложнее моделировать и поддерживать, чем клеточные культуры. Кроме того, оценка токсического воздействия на целые эмбрионы и изолированные органы является более субъективным процессом и требует большего количества технических и биологических знаний и умений, чем оценка микромассы. Микромассовый анализ предполагает простоту и экономичность использования клеточных культур, но в то же время позволяет наблюдать воздействие на процессы роста и дифференцировки клеток. Из всех доступных в настоящее время моделей *in vitro* для изучения эмбриотоксичности микромассовая модель подвергалась наиболее обширным сравнениям в межлабораторных сличительных испытаниях и считается надежной и хорошо изученной моделью. Использование клеточной модели позволит разработать метод, который быстро, с высокой точностью и достоверностью сможет определять репродуктивную токсичность химических веществ и изделий медицинского назначения.

Таким образом, на основании анализа литературных данных можно заключить, что разработка и внедрение в Республике Беларусь современного альтернативного метода изучения эмбриональной токсичности химических веществ и медицинских изделий на основе модели первичных эмбриональных клеток крыс будет способствовать снижению материальных и временных затрат на проведение исследований, снижению риска нарушения здоровья населения, ассоциированного с возможным влиянием на репродуктивную функцию химических веществ и изделий медицинского назначения.

Поступила 25.08.2022

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ НАЧАЛЬНЫХ ДОЗ ТЕСТИРОВАНИЯ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

<sup>1,2</sup>Гусева Е. А., [guseva\\_e\\_a@staff.sechenov.ru](mailto:guseva_e_a@staff.sechenov.ru)

<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава Российской Федерации (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия;

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия

Одной из основных целей проведения исследований по установлению параметров острой пероральной токсичности веществ является классификация и маркировка тестируемых соединений согласно СГС для идентификации опасности и управления рисками. В связи с этим в настоящее время отсутствует потребность в определении точного значения  $DL_{50}$ , и проведение тестирования в соответствии с руководящими принципами ОЭСР приемлемо на верхних границах уровней классификации опасностей. Как правило, при проведении исследований согласно Руководствам ОЭСР №№ 420, 423, 425 используют дозы 5, 50, 300, 2000 мг/кг (при обосновании может быть использовано

5000 мг/кг). В процессе подбора начальных доз возникает необходимость в ускорении установления  $DL_{50}$  и в то же время требуется сокращение количества животных, участвующих в эксперименте (следование концепции «3R» — «Replacement» — замена высокоорганизованных организмов менее организованными, «Reduction» — сокращение количества животных, участвующих в эксперименте, «Refinement» — улучшение содержания животных). Инструментом, способствующим реализации данного направления, является QSAR-моделирование. С помощью него возможно прогнозирование токсических свойств химических веществ на основе их физико-химических свойств. Разработка модели QSAR проходит несколько этапов — сначала происходят сбор и обработка данных, которые связывают химические вещества с конечными точками токсичности, генерация молекулярных дескрипторов, а потом — непосредственная разработка модели прогнозирования, оценка и валидация полученной модели.

Таким образом, цель настоящего исследования — оценить применимость математических моделей при выборе начального уровня дозы вещества при проведении тестирования на острую пероральную токсичность.

Объектами исследования явились пестициды, которые в соответствии с их химической классификацией были разделены на три группы — хлорорганические соединения (далее — ХОС), фосфорорганические соединения (далее — ФОС), карбаматы. Данные о параметрах острой токсичности веществ были получены из общедоступных баз данных: базы данных свойств пестицидов (Pesticide Properties Data Base — PPDB), регистра токсических эффектов химических соединений (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances — RTECS), базы данных ОЭСР — eChemPortal. На первом этапе вещества были условно разделены по значениям  $DL_{50}$  на 2 группы — «токсичные» и «нетоксичные». Вещества классифицируются как «нетоксичные» при  $DL_{50} > 2000$  мг/кг, и проведение последующих уточняющих исследований *in vivo* в такой ситуации не требуется. Вместе с тем при анализе группы ФОС не выявлено нетоксичных пестицидов. В связи с этим было решено присвоить каждому веществу в программе Microsoft Excel 2003 условный класс с помощью формулы: =ЕСЛИ(F2<5;"1"; ЕСЛИ(F2<50;"2"; ЕСЛИ(F2<300;"3"; ЕСЛИ(F2<2000;"4";"5")))), где F2 соответствовало значению  $DL_{50}$  мг/кг при пероральном поступлении. С помощью программы PaDEL-Descriptors ver. 2.21 (Yap Chun Wei, Pharmaceutical Data Exploration Laboratory) были рассчитаны дескрипторы выбранных соединений, а в среде Waikato для анализа знаний (WEKA) ver. 3.9.6 были построены математические модели классификации при помощи таких алгоритмов, как метод опорных векторов, Наивный Байесовский метод, деревья принятия решений, нейросети, метод *k*-ближайших соседей, метод случайного леса (как один из видов ансамблевых методов). Внутренняя валидация моделей производилась с помощью 10-кратной кросс-валидации. Оценка производительности моделей проводилась по коэффициенту каппа Коэна (далее —  $\kappa$ ), который измеряет степень соответствия между истинными и прогнозируемыми значениями.

При проведении исследований было установлено, что для карбаматов использование модели на основании алгоритма *k*-ближайших соседей имеет лучший результат среди всех остальных моделей (при 10-кратной кросс-валидации  $\kappa = 0,6818$ ).

Для прогнозирования токсичности ФОС использование моделей на основании таких алгоритмов, как метод опорных векторов и метод *k*-ближайших соседей, показали лучшие результаты среди всех остальных моделей (при 10-кратной кросс-валидации моделей  $\kappa = 0,7333$ ). Но предпочтительнее использовать метод *k*-ближайших соседей, поскольку средняя абсолютная ошибка меньше и составляет 0,15.

Для ХОС использование модели на основании ансамблевого алгоритма — метода случайного леса продемонстрировало лучший результат среди всех остальных моделей (при 10-кратной кросс-валидации  $\kappa = 0,61$ ).

Значение коэффициента каппа Коэна в диапазоне 0,61–0,8 демонстрирует хороший уровень связи экспериментальных и прогностических результатов исследования.

Таким образом, выбранные математические модели могут быть применены при выборе начального уровня дозы исследуемых веществ при проведении тестирования на острую пероральную токсичность.

Поступила 08.09.2022

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МУТАГЕНОВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Зиновкина В.Ю., к.м.н., доцент, [zinovkina@mail.ru](mailto:zinovkina@mail.ru),  
Богданов Р.В., к.м.н., [promtox@rcph.by](mailto:promtox@rcph.by),  
Василькевич В.М., к.м.н., [sabas2004@mail.ru](mailto:sabas2004@mail.ru),  
Анисович М.В., [m\\_anisovich@mail.ru](mailto:m_anisovich@mail.ru),  
Крыж Т.И., [tanya\\_kostousova@mail.ru](mailto:tanya_kostousova@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

При гигиеническом нормировании химических веществ в воздухе рабочей зоны должен применяться комплексный подход к установлению порога вредного действия, позволяющий учесть как интегральные показатели токсичности, опасности вещества, так и специфическое действие нормируемых веществ, в том числе их генотоксические свойства. Существует более двух сотен методов оценки генотоксичности химических веществ, обладающих потенциальными мутагенными и канцерогенными свойствами. Окончательный вывод о потенциальной мутагенности химических веществ может быть сделан на основе результатов комплексных исследований (батареи тестов), включающих изучение генных, хромосомных и геномных мутаций в тест-системах *in vitro* и/или *in vivo*: метод оценки индукции генных мутаций (тест Эймса); микроядерный тест; метод «ДНК-комет» в клетках млекопитающих; метод оценки хромосомных aberrаций.

*Метод оценки хромосомных aberrаций в клетках млекопитающих in vitro* используют для выявления веществ, которые индуцируют структурные aberrации хромосом в культивируемых клетках млекопитающих. Тест используют для скрининга потенциальных мутагенов и канцерогенов для млекопитающих. Критериями определения положительного результата являются: зависимое от концентрации статистически значимое повышение числа клеток с aberrациями хромосом, воспроизводимое повышение числа клеток с aberrациями хромосом. Повышение частоты полиплоидных клеток показывает, что вещество ингибирует процесс митоза и индуцирует численные хромосомные аномалии. Повышение числа клеток с эндоредупликацией хромосом указывает, что вещество ингибирует прогрессию клеточного цикла. Положительный результат в тесте на хромосомные aberrации *in vitro* показывает, что вещество индуцирует структурные (хромосомные) aberrации в культивируемых соматических клетках млекопитающих. Отрицательные результаты указывают, что при данных условиях эксперимента вещество не индуцирует хромосомные aberrации и не является мутагеном.

*Метод оценки хромосомных aberrаций в клетках костного мозга млекопитающих in vivo* используют для анализа структурных aberrаций хромосом, индуцированных исследуемым веществом. Данный метод подходит для оценки мутагенов, так как позволяет учесть такие факторы как метаболизм, фармакокинетика и процессы репарации дезоксирибонуклеиновой кислоты (далее — ДНК). Тест *in vivo* используют при дальнейшей оценке мутагенного эффекта, выявленного в тест-системах *in vitro*. Если известно, что вещество или активный метаболит не достигают ткани-мишени — костного мозга, этот тест не подходит для оценки мутагенности. Критериями положительного результата являются: зависимое от дозы повышение числа клеток с aberrациями хромосом или четкое повышение числа клеток с aberrациями хромосом в одной группе при одном временном варианте эксперимента. Возрастание полиплоидии указывает, что исследуемое вещество индуцирует изменение числа хромосом, а возрастание эндоредупликации указывает, что исследуемое вещество может нарушать клеточный цикл. Вещество, результаты исследования которого не соответствуют приведенным выше критериям, считается не мутагенным в данном тесте. Положительные результаты в тесте на хромосомные aberrации *in vivo*, показывают, что вещество индуцирует aberrации хромосом в клетках костного мозга исследуемого вида животных. Отрицательные результаты указывают, что при данных условиях эксперимента вещество не индуцирует хромосомные aberrации в клетках костного мозга исследуемого вида животных.

*Микроядерный тест на млекопитающих in vivo* применяется с целью выявления индукции исследуемым веществом нарушений хромосом или митотического аппарата эритробластов при анализе эритроцитов в костном мозге или в периферической крови животных, который позволяет учесть такие факторы как метаболизм, фармакокинетика вещества, процессы репарации ДНК. Критериями

определения положительного результата являются: зависимое от дозы повышение числа клеток с микроядрами или значимое повышение числа клеток с микроядрами в одной дозовой группе при одном временном варианте эксперимента. Вещество, которое не соответствует вышеприведенным критериям, считается не мутагенным в данном тесте. Тест *in vivo* также используют при дальнейшей оценке мутагенного эффекта, выявленного в тест-системах *in vitro*.

Метод «ДНК-комет» (*comet assay*) *in vivo*, или метод щелочного гель-электрофореза отдельных клеток, используют для оценки способности химических веществ индуцировать ДНК-повреждения в органах и тканях лабораторных животных. Критерием положительного результата является статистически значимое, зависимое от дозы увеличение показателя повреждения ДНК при одном из сроков введения. Положительный результат указывает, что исследуемое вещество проявляет ДНК-повреждающее действие в данном органе-мишени.

Все перечисленные методы являются взаимодополняемыми и информативными, что позволяет оценить степень выраженности генотоксического (цитогенетического) действия вредных веществ при их нормировании в воздухе рабочей зоны.

Гигиеническое нормирование химических веществ основывается на принципах пороговости действия веществ. При обосновании предельно допустимой концентрации (далее — ПДК) порог хронического действия устанавливается экспериментальным путем. Установленная величина порога хронического действия не может быть принята в качестве ПДК, поскольку данная концентрация может оказывать общетоксическое или специфическое действие, выходящее за пределы приспособительных реакций со стороны целостного организма. Для обоснования объективного нормативного значения химического вещества в воздухе рабочей зоны в таком случае применяют коэффициент запаса, на величину которого уменьшают полученное значение предельно допустимой концентрации. Величина коэффициента запаса рассчитывается на основании параметров токсикометрии, установленных по результатам острых, субхронических и хронических экспериментов и оценки генотоксического (цитогенетического) действия химического вещества. Для обоснования коэффициента запаса учитывают следующие параметры токсикометрии: порог острого действия, порог хронического действия, зона хронического действия, коэффициент видовой чувствительности и цитогенетическое действие, которым присваивается определенный балл. Полученные условные баллы суммируют и находят значение коэффициента запаса в зависимости от суммы баллов (чем больше сумма баллов, тем выше значение коэффициента запаса).

Таким образом, при гигиеническом нормировании химических веществ, потенциально обладающих генотоксическим действием, в воздухе рабочей зоны, для обоснования коэффициента запаса необходимо в батарее тестов определить их генотоксические свойства и учесть полученные данные в суммарной балльной оценке для установления величины коэффициента запаса при обосновании ПДК.

Поступила 22.08.2022

## **АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО И ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ КЛАССИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МУТАГЕННОГО И ПОТЕНЦИАЛЬНО КАНЦЕРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

*Зиновкина В.Ю., к.м.н., доцент, zinovkina@mail.ru,*

*Богданов Р.В., к.м.н., promtox@rcph.by,*

*Василькевич В.М., к.м.н., sabas2004@mail.ru,*

*Анисович М.В., m\_anisovich@mail.ru,*

*Крыж Т.И., tanya\_koustousova@mail.ru*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Проведены исследования цитотоксических и цитогенетических показателей легочных смывов, периферической крови, клеток костного мозга, клеток крови крыс, получавших мутагены (циклофосфамид, бензо(а)пирен, митомицин С, нитрозо-N-мочевина) пероральным и ингаляционным

путями в субхроническом и хроническом эксперименте в максимально и минимально выбранных дозах, установленных экспериментальным путем. Дозы подбирались исходя из данных научной литературы с таким учетом, чтобы за время эксперимента при минимальной дозе после 4-кратного перорального введения (1 раз в неделю) отсутствовал цитогенетический эффект мутагена по тесту микроядер в эритроцитах периферической крови.

Обращение с животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики и международным требованиям.

В ходе проведения токсикологического эксперимента для выбранных мутагенов использовали батарею тестов: тест на индукцию хромосомных aberrаций, микроядерный тест и полиорганый метод «ДНК-комет». Была проведена также токсикологическая оценка действия изучаемых мутагенов на основе ключевых гематологических и клинико-лабораторных биохимических показателей, характеризующих функциональное состояние органов и систем организма.

В субхроническом эксперименте при пероральном введении митомицина С в максимально выбранной дозе (0,1 мг/кг) на 13-е и 29-е сутки и при ингаляционном пути поступления мутагена в максимально выбранной дозе (3,12 мг/кг) на 29-е сутки выявлено увеличение в периферической крови числа лейкоцитов с микроядрами в микроядерном тесте *in vivo*. Общетокического действия митомицина С по ключевым гематологическим и клинико-лабораторным показателям не выявлено.

Субхроническое введение нитрозо-N-мочевины пероральным путем в максимальной (25,0 мг/кг) и минимальной (10,0 мг/кг) дозах приводило к увеличению числа лейкоцитов с микроядрами и признаками нарушения в периферической крови уже на 21-е сутки эксперимента. При ингаляционном пути поступления нитрозо-N-мочевины в минимальной и максимальной дозах цитогенетические маркеры выявлялись через 3 недели: в периферической крови отмечалось увеличение числа лейкоцитов с признаками нарушения митоза и признаками апоптоза. На 40-е сутки ингаляционного поступления нитрозо-N-мочевины при проведении морфометрических, макро- и микроскопических анализов видимые токсические эффекты не выявлены.

Особенностями действия циклофосфамида в субхроническом эксперименте являлись выраженное общетокическое действие и отсутствие цитогенетических эффектов при пероральном введении в диапазоне доз от 1 до 30 мг/кг в эритроцитах периферической крови, что показывает малую информативность данного критерия на фоне преобладания выраженного общетокического действия.

Значимые мутагенные (цитогенетические) эффекты отмечались при ингаляционном поступлении циклофосфамида и выявлялись в клетках легких (легочные смывы) животных при проведении субхронического эксперимента в тестах *in vivo*: увеличивалось число клеток с микроядрами и признаками нарушения митоза.

При использовании методов цитофлуометрии и проведении анализа клеток периферической крови после 4-недельного введения бензо(а)пирена в субхроническом эксперименте при пероральном и ингаляционном путях введения в дозах 5,0 мг/кг и 1,0 мг/кг не выявлено значимого увеличения клеток с признаками апоптоза, микроядрами и клеток в S-стадии, где происходят синтез и репарация дезоксирибонуклеиновой кислоты. При проведении цитофлуометрического анализа клеток периферической крови животных после 8-недельного введения бензо(а)пирена у животных без введения препарата максимальные различия в мутагенном эффекте выявлялись только при пероральном введении в максимальной дозе — 5,0 мг/кг.

Проведена оценка отдаленных эффектов циклофосфамида и бензо(а)пирена в клеточных поколениях при стимуляции пролиферации *in vitro*, которая позволила установить наличие отдаленных эффектов циклофосфамида и бензо(а)пирена. При пероральном поступлении циклофосфамида независимо от дозы наблюдалось снижение количества клеток в G1-стадии и увеличение количества клеток в S-стадии. В случае воздействия максимальной концентрации мутагена (30 мг/кг) в хроническом эксперименте количество клеток в культуре с признаками апоптоза было достоверно выше, как и количество клеток в G2/M-стадии. При этом в группе с минимально выбранной дозой циклофосфамида (1 мг/кг) отмечено статистически значимое увеличение процента клеток с микроядрами. На мутагенную активность бензо(а)пирена в клеточных поколениях указывают статистически значимые различия в проценте апоптотических клеток в культуре при интраназальном поступлении мутагена в максимальной дозе 5,0 мг/кг в ходе проведения хронического эксперимента.

Проведенные научные исследования позволили установить маркеры цитогенетического действия классических мутагенов и возможность их применения для обоснования коэффициента запаса при гигиеническом нормировании химических веществ в воздухе рабочей зоны:

— маркером цитогенетического (кластогенного) эффекта митомицина С является увеличение числа лейкоцитов с мелкими микроядрами в периферической крови на фоне отсутствия токсического действия;

— маркером цитогенетического эффекта нитрозо-N-мочевина в периферической крови является увеличение числа лейкоцитов с микроядрами и признаками нарушения митоза на фоне отсутствия токсического действия и индукции микроядер в эритроцитах;

— маркером цитогенетического эффекта циклофосамида является увеличение числа клеток с микроядрами и признаками нарушения митоза в смывах легких на фоне отсутствия общетоксического действия;

— маркером цитогенетического эффекта бензо(а)пирена является увеличение числа клеток с микроядрами, имеющих апоптотическую природу, при пероральном введении максимальных доз мутагена;

— цитогенетические параметры — доля апоптотических клеток, распределение клеток по стадиям клеточного цикла (G1-, S-, G2/M-стадии) — могут выступать в качестве биологических критериев выраженности эффектов ДНК-повреждающих агентов в различных органах и тканях и применяться для гигиенического нормирования мутагенов.

Полученные данные демонстрируют информативность цитогенетических тестов в качестве молекулярно-биологических критериев в изучении мутагенности канцерогенов и в последующем обосновании коэффициента запаса для потенциальных мутагенов и онкогенов при гигиеническом нормировании химических веществ в воздухе рабочей зоны.

Поступила 22.08.2022

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ *IN VITRO* ТЕСТ-СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕМОСОВМЕСТИМОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

*Лаппо Л.Г., lida\_lappo@bk.ru,*

*Сычик С.И., к.м.н., доцент, svkasul@mail.ru,*

*Грынчак В.А., к.м.н., grinchakva@gmail.com*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Использование и совершенствование технологий производства медицинских изделий, применяемых в качестве носимых или имплантируемых изделий, обеспечивающих долгосрочное лечение сердечной, легочной и почечной недостаточности, приводят к необходимости проведения комплексного тестирования, которое оценивает потенциально возможные гематологические осложнения, вызванные медицинским изделием. Реакция компонентов крови на искусственный материал может в разной степени приводить к клеточным, а также к гуморальным ответам, которые в свою очередь могут инициировать воспаление, активацию коагуляции/фибринолиз. Изучение гемосовместимости материалов медицинского назначения, контактирующих с кровью, является чрезвычайно важным аспектом при прогнозировании успешного функционирования изделия. Гемосовместимость является одним из основных критериев, которые ограничивают клиническую применимость изделий, контактирующих с кровью. Изделия, прямо или опосредованно контактирующие с кровью, должны быть изучены по показателям гемосовместимости, чтобы снизить риск развития неблагоприятных последствий для пациентов.

Международный стандарт ISO 10993-4:2020 «Оценка биологического действия медицинских изделий. Исследования изделий, взаимодействующих с кровью» дает рекомендации по проведению тестов на гемосовместимость с учетом категории оцениваемого изделия. Оценка должна проводиться по пяти критериям, основанным на первичных процессах: тромбоз, коагуляция, активация тромбоцитов, гематология и система комплемента. Одним из важных аспектов оценки гемосовместимости медицинских изделий является состояние крови, контактирующей с медицинским изделием. Условия антикоагуляции и моделирования должны быть максимально приближены к клиническому применению, чтобы добиться репрезентативных результатов испытаний. Большинство изделий должны быть протестированы с гепаринизированной цельной кровью в условиях циркуляции. Использование небольших объемов крови *in vitro* позволяет проводить параллельные испытания контрольных и стандартных образцов вместе с тестируемыми изделиями с одной и той же партией крови и в одно и то же время.

Целью исследования являлось проведение экспериментального моделирования замкнутых систем, имитирующих физиологические условия кровотока с использованием медицинских трубок и лабораторного оборудования для оценки гемосовместимости медицинских изделий.

Для экспериментального моделирования, в том числе забора цельной крови, использовали лабораторных кроликов обоих полов после двухнедельного карантинного содержания.

Воссоздавались две модели кровообращения: закрытые контуры из поливинилхлоридных трубок длиной 45 см и внутренним диаметром 5 мм, заполненных кровью, с программируемым ротатором; модель Naemobile.

Моделирование замкнутой системы с помощью программируемого ротатора осуществлялось после заполнения цельной кровью трубки, сформированной в повторно закрывающуюся петлю, частично заполненную воздухом. Эта петля устанавливалась в программируемый ротатор, с помощью которого создавалось вращение. При вращении основания трубка совершает круговое движение, в результате чего при невысокой частоте оборотов происходит циркуляция крови в трубке вдоль границы раздела воздух–жидкость. После завершения цикла петля изымалась из ротатора. Кровь собирали в пробирки для проведения гематологических исследований. Такая схема не позволяет полноценно моделировать циркуляцию крови в сосуде, а присутствие воздуха провоцирует активную агрегацию лейкоцитов с тромбоцитами и денатурацию белка.

Принцип работы Naemobile основан на угловом моменте. Кровь внутри тестовой петли, содержащей однонаправленный клапан, подвергается угловому ускорению. Обратный клапан предотвращает обратный ток крови, а также необходим для ускорения кровотока и тестовой петли. Naemobile приводится в движение шаговым двигателем, который позволяет регулировать угол движения, его скорость, паузы между движением. При проведении тестового запуска петли полностью заполнялись в течение 20 минут после забора крови, циркуляция проводилась в течение 1 часа при 37 °С. При запуске Naemobile были установлены параметры, соответствующие типичному среднему напряжению сдвига стенки, наблюдаемому в коронарных артериях. После завершения цикла кровь испытуемых лабораторных животных отбирали для проведения гематологического анализа. Основным преимуществом данной модели является возможность устанавливать параметры потока крови и пульсацию наиболее близкими к физиологическим, а также избежать механического воздействия на форменные элементы крови.

Таким образом, на основании результатов экспериментального моделирования замкнутых тест-систем установлено следующее. Наиболее репрезентативная тест-модель *in vitro* для оценки гемосовместимости является модель из трубок, полностью заполненных кровью, без воздуха и механических приспособлений, способных повреждать кровь, движение крови внутри трубок должно осуществляться за счет внешнего кругового или полукругового движения всей системы с однонаправленными клапанами (система Naemobile).

Поступила 25.08.2022

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ ПЕСТИЦИДОВ В РЕКАХ РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА

Мирон И.И., к.м.н., [inga.miron@ansp.gov.md](mailto:inga.miron@ansp.gov.md),  
Берник В.П., к.м.н., [vladimir.bernic@ansp.gov.md](mailto:vladimir.bernic@ansp.gov.md),  
Завтони М.Н., к.м.н., [mariana.zavtoni@ansp.gov.md](mailto:mariana.zavtoni@ansp.gov.md)

Национальное Агентство Общественного Здоровья, г. Кишинев, Республика Молдова

Вода из реки используется как источник снабжения населения питьевой водой в централизованном порядке. Считается безопасным источником, но в то же время уязвимым к техногенному загрязнению, так как сброс в гидрографическую сеть промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, сбор и очистка метеорных вод, ненадлежащая правильная санитария территории влияют на ее качество. На количество и качество воды в реке воздействует комплекс физико-географических и климатических факторов. В Республике Молдова около 35 % населения использует воду рек Днестр и Прут для питьевых целей (Igiena Mediului, G. Friptuleac, 2012, 243 p.).

Целью настоящей работы было провести сравнительную оценку содержания пестицидов в воде рек Днестр и Прут.

Национальное агентство общественного здоровья осуществляет надзор за качеством поверхностных вод в 27 пунктах на реках Днестр и Прут. Качество речной воды контролируется с 1990-х гг. по 36 химическим параметрам, 7 из которых относятся к пестицидам. База данных качества воды за период 2012–2022 гг. проанализирована на наличие следующих пестицидов: 1,1,1-трихлор-2,2-бис(4-хлорфенилэтан) (далее — ДДТ), дильдрин, альдрин, эндрин, атразин, симазин, гексахлорциклопексан (далее — ГХЦГ). Проверка качества воды проводилась в соответствии с Постановлением Правительства Республики Молдова № 890 от 12–11–2013 «Об утверждении положения о требованиях к качеству окружающей среды для поверхностных вод». Классификация поверхностных вод осуществляется на основании результатов мониторинга качества воды, предусматривается разграничение поверхностных вод по пяти классам качества: очень хорошее (I), хорошее (II), умеренно загрязненное (III), загрязненное (IV), очень загрязненное (V).

На первом этапе исследования качество воды рек Днестр и Прут было проанализировано на соответствие санитарно-химическим показателям. Основными показателями, по которым вода классифицировалась как загрязненная и очень загрязненная, были параметры мутности и кислородного режима, на которые в большей степени влияли и гидрометеорологические условия. Исследования показали, что вода в реке Прут намного более уязвима к климатическим возмущениям по сравнению с водой реки Днестр, имеющей большую способность к самоочищению. Результаты исследований свидетельствуют о постоянном загрязнении водоемов отходами и другими органическими загрязнителями. Средняя концентрация ДДТ за период 2012–2022 гг. в реке Днестр составила  $0,020 \pm 0,03$  мкг/л (от 0,0001 до 0,1 мкг/л) — I класс качества воды (0,025 мкг/л); в реке Прут —  $0,029 \pm 0,04$  мкг/л (от 0,0001 до 0,1 мкг/л) — II класс качества (0,05 мкг/л). Также в реке Днестр зафиксированы концентрации дельдрина и альдрина, соответственно,  $0,00028 \pm 0,0005$  мкг/л (от 0,0001 до 0,002 мкг/л) и  $0,03 \pm 0,04$  мкг/л (от 0,0001 до 0,1 мкг/л), что соответствует IV классу качества ( $\Sigma = 0,030$  мкг/л). В реке Прут эти вещества не были обнаружены. В водах обеих рек выявлены низкие концентрации атразина —  $0,019 \pm 0,03$  мкг/л (от 0,0001 до 0,1 мкг/л) и  $0,015 \pm 0,03$  мкг/л (от 0,0005 до 0,1 мкг/л) и симазина —  $0,03 \pm 0,04$  мкг/л (от 0,0005 до 0,1 мкг/л) и  $0,016 \pm 0,03$  мкг/л (от 0,0005 до 0,1 мкг/л), что соответствует I классу качества (0,2 мкг/л и 1 мкг/л). Содержание ГХЦГ в анализируемых водах находилось в пределах I и II классов по качеству (0,02 и 0,03 мкг/л), а именно в реке Днестр оно оценивалось в  $0,017 \pm 0,03$  мкг/л (от 0,0001 до 0,1 мкг/л), а в реке Прут в  $0,027 \pm 0,04$  мкг/л (от 0,0001 до 0,1 мкг/л).

*Выводы.* В подавляющем большинстве проб качество воды по содержанию пестицидов в реках Днестр и Прут соответствует I и II классам качества, то есть вода может быть использована для питьевых целей после несложной очистки. Однако содержание дельдрина и альдрина в речной воде Днестра не соответствует требованиям к качеству питьевой воды и требует применения передовых методов очистки.

*Исследование проведено при поддержке проекта 20.8000.8007.35 «Оценка риска для здоровья человека от воздействия приоритетных химических веществ в Республике Молдова» в рамках Государственной программы (2020–2023 гг.), руководитель проекта Юрий ПЫНЗАРУ, подрядчик — Национальное агентство исследований и развития.*

Поступила 06.09.2022

## ОЦЕНКА ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНА *CNEK1* У КРЫС, ПОДВЕРГШИХСЯ ТОКСИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭТАНОЛА

Мухаммадиева Г. Ф., к. б. н., [ufniimt@mail.ru](mailto:ufniimt@mail.ru),  
Каримов Д. О., к. м. н., [karimovdo@gmail.com](mailto:karimovdo@gmail.com),  
Валова Я. В., [q.juk@yandex.ru](mailto:q.juk@yandex.ru),  
Кудояров Э. Р., [ekudoyarov@gmail.com](mailto:ekudoyarov@gmail.com),  
Репина Э. Ф., к. м. н., [e.f.repina@bk.ru](mailto:e.f.repina@bk.ru),  
Хуснутдинова Н. Ю., [h-n-yu@yandex.ru](mailto:h-n-yu@yandex.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Заболевания печени — одна из ведущих причин заболеваемости и смертности в современном мире. Распространенным фактором риска развития заболеваний печени является алкоголь. Этанол и его метаболиты нарушают метаболические процессы в печени, вызывая внутриклеточное нако-

пление белков и липидов, и увеличивают продукцию активных форм кислорода, что сопровождается повреждением всех структур гепатоцитов, прежде всего мембран.

Одним из ключевых участников молекулярной системы, отвечающей за поддержание геномной стабильности в клетке, является белковый продукт гена *Chek1* (киназа 1 контрольной точки клеточного цикла). В результате активации этой системы в ответ на нарушения структуры ДНК, опосредованные активными формами кислорода, происходит индукция специфической протеинкиназы ATM (Ataxia-Telangiectasia Mutated), которая в свою очередь специфично фосфорилирует киназу *Chek1*. Активирующее фосфорилирование этой киназы приводит в конечном итоге к остановке синтетических процессов и восстановлению стабильности генома. *Chek1* является основным эффектором в течение остановки клеточного цикла в S и G2/M фазах и в случае нарушения митоза запускает механизмы апоптоза. Основной мишенью для *Chek1* являются белки семейства CDC25, которые удаляют гиперфосфорилирование регулируемых ими циклинзависимых киназ в течение нормального клеточного цикла и после появления повреждений ДНК. Известно, что метаболизм этанола активирует киназу 1 контрольной точки клеточного цикла.

Целью работы была оценка уровня экспрессии гена *Chek1* у крыс с индуцированным алкогольным поражением печени.

Работа выполнена на беспородных крысах-самцах массой 170–190 г. Животным внутрижелудочно вводили этанол из расчета 5 г/кг массы тела. Крысы контрольной группы получали эквивалентный объем дистиллированной воды. Материал для исследований отбирали через 24 и 72 часа после интоксикации (по 7 животных), извлекали печень и замораживали в жидком азоте. Тотальную РНК выделяли из гомогенизированных образцов с помощью реагента ExtractRNA (ЗАО «Евроген», Россия). Для синтеза кДНК использовали реактивы MMLV RT kit (ЗАО «Евроген», Россия). Оценка количества мРНК исследуемого гена в печени проводили методом количественной полимеразной цепной реакции в режиме реального времени на приборе Rotor-Gene Q (Qiagen, Германия). Статистический анализ проводили с помощью стандартного пакета программ Statistics 21.0 (IBM, USA). Для определения различий между группами применяли t-критерий Стьюдента. Для оценки различий критическим уровнем значимости принималось значение  $p < 0,05$ .

Нами представлены результаты сравнительного анализа экспрессии гена *Chek1* в печени крыс через 24 и 72 часа после воздействия этанола. Через 24 часа воздействие этанола сопровождалось уменьшением кратности экспрессии гена *Chek1* до  $-2,03 \pm 0,63$  относительно контроля ( $p = 0,048$ ). В ответ на введение этанола через 72 часа наблюдалась схожая тенденция к снижению транскрипционной активности исследуемого гена, уровень экспрессии составил  $-0,84 \pm 0,57$ , однако отмеченные различия не достигли статистической значимости ( $p > 0,05$ ).

Согласно опубликованным данным, при воздействии токсических факторов *Chek1* фосфорилирует фосфатазу CDC25A, направляя ее на деградацию, что приводит к задержке или остановке клеточного цикла. Можно предположить, что истощение *Chek1* приводит к повышенной чувствительности и измененным ответам G2 и S контрольных точек на повреждения, вызванные этанолом. Так, ингибирование экспрессии *Chek1* в клетках млекопитающих индуцирует апоптоз и препятствует остановке G2/M, индуцированной токсикантом. Подобные результаты показывают, что ген *Chek1* играет важную роль в механизме контрольных точек в процессе нормальной клеточной пролиферации, а также при ответе на повреждение ДНК.

Таким образом, проведенное исследование показало снижение экспрессии гена *Chek1*, контролирующего клеточный цикл, в печени крыс через 24 часа после воздействия этанола. Требуются дополнительные исследования, направленные на выявление потенциальных генов, вовлеченных в клеточный ответ на токсическое поражение печени этанолом.

Поступила 05.09.2022

## ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОДЕСТРУКТОРА НАВОЗА «БИОСАНВИТ-М»

Юркевич Е. С., к.м.н., [yrkevich.elena@gmail.com](mailto:yrkevich.elena@gmail.com),  
Ильюкова И. И., к.м.н., [toxlab@mail.ru](mailto:toxlab@mail.ru),  
Иода В. И., [wikuschka.ioda@mail.ru](mailto:wikuschka.ioda@mail.ru)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В современных условиях промышленного сельскохозяйственного производства особенно остро стоит вопрос решения проблем охраны окружающей среды и создания благоприятной для обитания человека среды. Резкие запахи органического происхождения в местах размещения животноводческих комплексов и птицефабрик создают неудобства для работников и людей, жилье которых расположено в непосредственной близости. Высокая концентрация аммиака в воздухе, особенно на уровне жизненной зоны животных и птицы, приводит к снижению аппетита, ослаблению иммунитета, провоцирует агрессивное поведение, в результате чего они хуже набирают вес, болеют, возрастает падеж. Одним из направлений интенсификации процессов очистки сточных вод перерабатывающих предприятий, животноводческих комплексов, птицефабрик и стоков жилищно-коммунального хозяйства является использование биотехнологий, в частности, биопрепаратов, предназначенных для обеззараживания, очистки и переработки навозных стоков твердых отходов на основе бактерий-антагонистов, обладающих высокой антимикробной активностью к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, высокой ферментативной активностью. Микробиологическая трансформация отходов более предпочтительна, чем химические или физические процессы переработки, в силу осуществления одновременно совокупности реакций в естественных условиях и способности микроорганизмов перерабатывать подавляющее большинство органических соединений. Предлагаемые составы биопрепаратов, их дозировки и условия применения позволяют регулировать микробную переработку отходов, интенсифицировать минерализацию исходного субстрата и активизировать биосинтез новых соединений.

Объектом исследований служил биодеструктор навоза «Биосанвит-М» — продукт микробиологического синтеза, состоящий из многокомпонентного комплекса живых непатогенных бактерий рода *Bacillus* и продуктов их синтеза в наполнителе.

Предметом исследований являлось изучение острой пероральной токсичности, раздражающего действия на кожу и слизистые, сенсибилизирующего и кумулятивного действия. При исследовании были использованы токсикологические и статистические методы.

Цель работы заключалась в оценке комплексного риска воздействия биодеструктора навоза «Биосанвит-М» с определением способности накапливаться в организме и оказывать неблагоприятное воздействие на уровне проявления смертельных эффектов и на функциональное состояние органов и систем подопытных животных.

Обращение с животными соответствовало этическим принципам надлежащей лабораторной практики и международным требованиям.

Для изучения острой токсичности препарат в виде 50%-ной водной взвеси вводили однократно внутрижелудочно белым крысам в дозах 2500,0; 3160,0; 3980,0; 5010,0 мг/кг (инструкция 1.1.11–12–35–2004). Гибели животных не отмечено, поведение подопытных животных в течение 14 суток наблюдения не отличалось от контрольных, получавших в эквивалентных количествах дистиллированную воду.  $DL_{50} > 5000,0$  мг/кг, следовательно, по параметрам острой внутрижелудочной токсичности препарат относится к малоопасным веществам (4-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007–76 класс по ГОСТ 32419–2013).

В результате изучения острой токсичности на белых крысах (самцы массой 200–260 г) при накожном нанесении гибели и клинических симптомов интоксикации не отмечено (инструкция по применению № 048–1215 «Определение острой токсичности химической продукции (химических веществ их смесей) при накожном поступлении» утверждена заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 30.08.2016)  $DL_{50} > 5000$  мг/кг, что позволяет отнести биодеструктор навоза «Биосанвит-М» по параметрам острой накожной токсичности к малоопасным веществам (4-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007–76 класс по ГОСТ 32419–2013).

При изучении раздражающего действия на кожные покровы согласно Инструкции 1.1.11–12–35–2004 (глава 6) исследуемый образец наносили однократно (на 4 часа) на лишенную шерстного

покрова кожу спины белых крыс площадью  $4 \times 4$  см в дозе 20 мг/см<sup>2</sup>. По окончании эксперимента симптомов раздражения кожных покровов (эритемы, отека) не обнаружено, из чего следует, что препарат не обладает раздражающим действием на кожные покровы — 4-й класс опасности, отсутствие раздражающего действия (классы опасности, указанные в изменениях, утвержденных Решением Комиссии Таможенного союза от 07.04.2011 № 622).

Раздражающее/разъедающее действие на слизистые оболочки глаз изучали при однократном внесении образца в количестве 50–100 мкл в нижний конъюнктивальный свод правого глаза кроликов (3 шт.) (инструкция 1.1.11–12–35–2004, глава 5). После инстилляции отмечено минимальное количество выделений в углу глаза и блефароспазм, проходящих без промывания водой в течение 2–4 часов после инстилляции, из чего можно заключить, что при однократном воздействии препарат обладает слабым раздражающим действием — 3В класс опасности (классы опасности согласно Решению Комиссии Таможенного союза от 07.04.2011 № 622).

В результате эксперимента в тесте опухания лапы мыши (инструкция 1.1.11–12–35–2004, приложение 9) установлено, что изучаемый образец не вызывает уплотнения и воспаления ткани, что позволяет отнести препарат к веществам, не оказывающим сенсибилизирующего действия — 4-й класс опасности, отсутствие сенсибилизирующего эффекта (в рамках стандартного протокола исследований) (классы опасности согласно Решению Комиссии Таможенного союза от 07.04.2011 № 622).

Изучение кумулятивного действия проведено по методу Ю. С. Кагана и В. В. Станкевича (1964) (инструкция 1.1.11–12–35–2004, глава 7). По окончании эксперимента у животных тестовой группы не отмечено статистически значимых изменений гематологических, биохимических показателей, параметров функционального состояния мочевыделительной системы, выбранных в качестве значимых, которые находились в пределах физиологической нормы. По окончании эксперимента проведена эвтаназия всех животных с последующей макроскопией и определением относительной массы внутренних органов (далее — ОКМ). У животных тестовой группы не отмечено статистически значимых изменений ОКМ внутренних органов и массы тела в сравнении с контрольной группой, а при макроскопическом обследовании внутренних органов видимых патологических изменений не выявлено. Следовательно, в принятых условиях повторного 30-суточного внутрижелудочного введения белым крысам биодеструктор навоза «Биосанвит-М» не проявляет кумулятивной активности на уровне проявления смертельных эффектов ( $K_{кум} > 5,0$ ), общетоксического и специфического характера действия.

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что новый отечественный биодеструктор навоза «Биосанвит-М» по токсикологическим параметрам не представляет опасности для здоровья человека и теплокровных животных при соблюдении регламентов применения, что позволяет предложить его использование на животноводческих комплексах и птицефабриках, на предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции и жилищно-коммунального хозяйства для обезвреживания стоков, позволяющего регулировать микробную переработку отходов, интенсифицировать минерализацию исходного субстрата и активизировать биосинтез новых соединений.

Поступила 14.09.2022

## Раздел 7

# МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. СТАТЬИ

## RESEARCH OF THE STATE AND PROBLEMS OF MANAGEMENT OF SOLID WASTE IN QINGDAO CITY AS A FACTOR OF THE HUMAN ENVIRONMENT

<sup>1</sup>Song Jin Yang, undergraduate student, 303394706@qq.com,

<sup>1,2</sup>Lemiasheuski V., PhD, lemeshonak@yahoo.com

<sup>1</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

<sup>2</sup>All-Russian research Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of animals — branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Borovsk, Russia

The urban domestic waste generation in Qingdao city is about 3,700 tons per day, or 0.99 kg per person. If there is a season of eating watermelons and fruits in summer, this number may be even more. According to data,  $\frac{2}{3}$  of the 668 large and medium-sized cities in the country are surrounded by garbage, and  $\frac{1}{4}$  of the cities have no suitable place to store garbage. The problem is becoming more and more prominent [1].

Different from the situation of "garbage besieged" in other cities, the problem of Qingdao's urban garbage is "city besieged garbage", "many garbage dumps are located in various corners of Qingdao". In recent years, the amount of urban garbage has also appeared. There is an increasing trend, and the rate of increase in the first two years is about 8% to 9% (table 1).

Table 1 — Production and comprehensive utilization of major industrial solid wastes

Index	Fly ash	Smelting waste inspection	Slag	Tailings	Desulfurized gypsum
Production (10,000 tons)	182.71	167.74	129.46	47.85	27.89
Proportion to the total (%)	22.24%	20.41%	15.76%	5.82%	3.4%
Comprehensive utilization (10,000 tons)	166.38	167.67	101.01	35.96	25.10

Note: comprehensive utilization includes utilization of previous years' storage.

If the garbage is not handled properly, it will cause a lot of harm. For example, urban garbage occupies a lot of land and is not easy to rot, resulting in soil slag, air pollution, water pollution, and fire hazards, becoming a nest of harmful organisms such as mice, mosquitoes and flies. After some efforts, some developed countries in the world, such as Kyoto, Japan, have curbed the growth of garbage, and the amount of garbage generated in some cities is declining [2].

Previously, household waste was taken to landfills, which required large land resources. The staff said that statistics show that the total area of urban household waste in the country is about 800,000 mu, or 533 square kilometers, which is 2.77 times the area of our Qingdao urban area.

The purpose of this study, because many people have a vague concept of garbage, they only think that the discarded things that have no use value for their own life are garbage, but they ignore the recyclability of some garbage, and ignore the transformation of the living environment and the reuse of resources by recycling garbage. In addition, many garbage will release toxic substances after decaying and deteriorating, which will pollute the soil, water and air of the city, which will not only damage the image of the city, but more importantly, will endanger the health of urban residents. Therefore, scientific and reasonable disposal of urban waste is of great significance in maintaining urban environment and protecting urban ecological civilization.

Garbage is a misplaced resource. In the past, the garbage disposal method was resource (commodity) — consumption — (waste) discarding; the significance of garbage sorting and recycling is to change this model: resources (commodities) — consumption — recycling (renewable resources)), is a necessary way to realize the harmless and maximum reduction and recycling of waste, which conforms to the basic principles of circular economy.

Classified collection refers to the process in which consumers put the remaining useless objects into containers with corresponding signs according to their nature and components after the goods are used. According to research, the implementation of garbage classification collection management and effective recycling of garbage can reduce the amount of garbage by 40–50%, which can reduce processing costs and transportation costs, which is conducive to the recycling of resources and facilitates the recycling of garbage. Developed countries have effectively solved the problem of urban domestic waste by generally adopting the method of sorting and collecting municipal solid waste, and Japan, a neighboring country with a strip of water in China, is at the forefront of garbage sorting and collection [3].

In 2000, the Ministry of Construction selected 8 major cities including Beijing, Shanghai, and Hangzhou to carry out pilot projects of waste sorting and recycling, but all of them failed to achieve the expected results due to improper measures. In 2021, some cities in the first batch of pilot projects will be piloted again, and new cities such as Qingdao will join in succession. Qingdao is an important economic center city along the eastern coast of China. The Shandong Peninsula Economic Zone, where it is located, has a total economic volume of 260 billion. As the central city of the Shandong Peninsula urban agglomeration and the construction of the Shandong Peninsula Blue Economic Zone, Qingdao covers an area of 11,282 square kilometers. The city's resident population is 8,715,100, of which the urban population is 3,718,800, and the GDP is 566.619 billion yuan. The rapid growth of economy has laid the foundation for the rapid development of Qingdao's environmental sanitation undertaking, and at the same time it has put forward higher requirements for the development of Qingdao's environmental sanitation undertaking.

China has a population of nearly 1.3 billion, and the annual output of municipal waste is more than 100 million tons, and the annual growth rate is roughly 8%. Municipal solid waste has become an important factor affecting urban construction and development and urban living environment. Rapidly developing Chinese cities suffer from a large amount of waste every day [4].

At present, China's municipal solid waste treatment methods are mainly divided into two categories: mixed collection and classified collection. By 2007, the harmless treatment of municipal solid waste was 9,379 tons, and the treatment rate was 61.6% main processing method. The proportions of open-air dumping and simple landfill after mixed collection are as high as 38.4% and 50.4% respectively, occupying a total of 750,000 mu of land. This method of garbage disposal does not have any protective measures, which not only reduces the utilization efficiency of resources, but also occupies a large amount of land. And every garbage dump has become a source of pollution. Mosquitoes and flies are infected, rats have appeared, an unbearable smell has appeared, a large amount of garbage and sewage enters the ground from the surface, causing serious pollution of the urban environment and groundwater sources. In addition, the current processing cost per ton of garbage in China is about 80 yuan, which is relatively high. For example, the cost of garbage disposal in Shanghai is nearly one million yuan per day. The rapidly growing domestic waste not only pollutes the urban environment, but also brings a huge economic burden to local governments.

It should be said that the disposal of urban waste is a worldwide problem. Practice and research show that sorting garbage is a fundamental measure and an inevitable choice to solve urban domestic garbage. This is not only the main content of the circular economy development model, but more importantly, if the problem of garbage classification is not solved, the sustainable development of the city cannot be achieved.

In December 2021, Qingdao issued the "Implementation Opinions on Accelerating the Reform of the Environmental Sanitation Supervision System and Operation Mode" and "Opinions on Accelerating the Construction of the City's Renewable Resource Recovery System". According to the "Opinions", Qingdao will reform the environmental sanitation supervision system and operation mode with a global vision and international standards, and use 2 to 3 years to make Qingdao the cleanest city in China. From January 2021, pilot projects for the classification and collection of household waste will be conducted in Shinan District, Shibei District, Sifang District, Licang District, Laoshan District, Huangdao District, and Chengyang District.

Drawing on the experience of foreign municipal waste classification and collection, the classification and collection of domestic waste in Qingdao can be divided into three categories, namely recyclable waste, kitchen waste and other wastes. On this basis, according to the different conditions of the

pilot area, the garbage classification standards are different. Government agencies, enterprises, institutions, and schools: If there is a canteen, the garbage is divided into three categories: kitchen waste, recyclables, and other garbage; if there is no canteen, the garbage is divided into two categories: recyclables and other garbage. Trade market: All garbage is classified as kitchen waste. Residential area: Garbage is divided into kitchen waste and other waste [3].

Last year, Qingdao cleared and transported 3.6931 million tons of domestic waste, and the harmless treatment rate in these areas was 100%. The announcement of the city's 2019 solid waste pollution prevention and control information issued by the Qingdao Municipal Bureau of Ecology and Environment shows that in 2019, the city's domestic waste removal volume was 3.6931 million tons, of which the city's six districts and high-tech zones were harmless is 100%. Qingdao divides stationary waste into four categories: industrial solid waste, industrial hazardous waste, medical waste and municipal solid waste.

From the perspective of solid waste generation, disposal and utilization, in 2019, the city's industrial solid waste generation amounted to 8.215 million tons, the comprehensive utilization amount was 7.1553 million tons, and the comprehensive utilization rate was 87.10%. Among the city's industrial solid wastes, fly ash, smelting slag, slag, tailings, and desulfurization gypsum generated the largest amount, with a total of 5.5565 million tons, accounting for 67.64% of the city's total industrial solid waste. The top 5 enterprises in the city's industrial solid waste production amounted to 4.6184 million tons, accounting for 56.22% of the city's total industrial solid waste production.

In 2019, the city's industrial hazardous waste generated 252,600 tons, mainly HW11 distillation residue, HW17 surface treatment waste, HW18 incineration disposal residue, HW33 inorganic cyanide, and HW49 other waste. The comprehensive utilization amount was 52,900 tons, and the rest were in accordance with regulations. storage and disposal. In terms of medical waste, in 2019, there were 8,305 medical units in the city that were included in the centralized disposal of medical waste, with a total of 12,500 tons of medical waste disposed of by microwave disinfection.

In addition to the largest amount of industrial solid waste, the amount of domestic garbage disposal ranks second. In 2019, the city's domestic waste removal volume was 3.6931 million tons, and the disposal methods were landfill, incineration and biochemical treatment. Among them, the domestic waste removal volume in the six districts and high-tech zones in the city was 238.63 tons, and the harmless treatment rate was 100% [1].

To further strengthen infrastructure construction. Although the garbage classification in Qingdao has been implemented for one and a half years, the infrastructure construction is still not perfect, which requires different types of classified garbage cans in the pilot community to be placed separately. The unified and complete placement needs to be further strengthened; the design of classified trash cans needs to be further improved, and residents report that the design of trash cans is not humanized and obvious enough. The trash can needs to be manually opened before it can be put in. This practice is unsanitary, causing many residents to throw it everywhere. It is recommended to make it into an automatic form. The classification mark of the trash can is not obvious. Residents know how to put in, and ordinary residents in a wider range can know how to classify and put in separately, and more effectively achieve the goal of universal garbage classification. Laws and regulations are the guarantee: establish and improve the legal system and strengthen supervision. From the perspective of the city's garbage disposal system, due to the supporting policies and other issues in Qingdao, the progress of garbage sorting, transportation, and treatment is slow, and no standardized and orderly work has yet been established. Garbage sorting and recycling system, sorting recycling and recycling rate is low. Therefore, it is recommended to raise garbage classification to the level of local legislation (table 2). Strengthen environmental management, and severely punish units and individuals who do not implement sorting and disposal of domestic waste. Strict punishment management ensures the full implementation of classified collection and disposal of garbage. Strengthening citizens' environmental protection education, increasing citizens' awareness of environmental protection, and sorting and disposing of garbage is not only a matter of convenient garbage disposal, but also reflects the progress of a social civilization, urban management, people's spiritual outlook and many other issues. Coercion is a means: establish a domestic waste charging compensation system and encourage people to participate. Although waste classification requires people to be aware of it rather than being forced to implement it, some coercive means are needed in the early stage of the implementation of a policy to ensure its Therefore, it is recommended to adopt a charging system in the early stage of the implementation of garbage classification, and the recycling of domestic garbage will be charged according to the amount, not per household. After the implementation of charge-by-volume, the market price can be a pair of invisible hands, regulating the amount of pollution that people produce.

Table 2 – Major producers of industrial solid waste (Top 5)

Company Name	Industrial solid waste	Smelting check produced	Fly ash production LI (10,000 tons)	Slag production (10,000 tons)	Tailings generation amount (10,000 tons)	Amount of other waste generated (10,000 tons)
Qingdao special steel Co., Ltd	203.76	167.47	–	–	–	33.76
Huadian Qingdao power Generation Co., Ltd	101.03	–	75.84	7.61	–	17.58
Shandong Gold Mining (Xinhui)Co., Ltd	74.14	–	–	–	31.25	42.89
Datang Huangdao Power Generation Co., Ltd	63.01	–	51.48	–	–	11.53
Sinopes Qingdao Refinery&Chemical Co., Ltd	19.90	–	6.74	12.94	–	0.22
Total	461.84	167.47	82.58	20.55	31.25	105.98

Instruct residents how to classify garbage by writing a practical "Guidebook for Garbage Classification". Every household in Japan has a list of garbage classification issued by the government. The columns in the table have detailed classification of household items; for easy reading, very intuitive and specific small pictures are used; there are also the color of the specified plastic bag, the date of recycling, the specific instructions in the recycling, etc. It is easy to understand. Recycling and sorting at transfer stations is a crucial part of garbage sorting. Recyclable garbage is recycled and non-recyclable garbage is incinerated for power generation or processed into fertilizer. Strengthen its own garbage sorting and processing capabilities, make careful use of every piece of garbage, put an end to waste, and resolutely avoid secondary pollution (table 3) [2, 5].

Table 3 – Major Hazardous Waste Producers (Top 5)

Company Name	Main types of hazardous wastes	Production (10,000 tons)
Qingdao special steel Co., Ltd	HW08 waste mineral oil, HN09 oil/water, hydrocarbon/water mixture or emulsion, H811 refining (distillation) residue, HY39 phenolic waste, HY49 other waste	7.92
Huadian Qingdao power Generation Co., Ltd	HWO6 Organic solvent waste, HO8 Waste mineral oil, HW09 Oil/water, hydrocarbon/water mixture or emulsion, H611 Refining (distillation) residue, HW45 Waste containing organohalide, HW49 Other waste	2.61
Shandong Gold Mining (Xinhui) Co., Ltd	HKD8 waste mineral oil, H33 inorganic cyanide waste	1.78
Datang Huangdao Power Generation Co., Ltd	HW11 refining (distillation) residue, H12 dye, paint waste, HW18	1.33
Sinopes Qingdao Refinery&Chemical Co., Ltd	Incineration residue. HY49 other waste	1.23
Total	H08 waste mineral oil, HW18 incineration residue	14.87

To sum up, there are still some deficiencies in the current urban domestic waste treatment technology and methods in China, and the resource utilization efficiency is not high. This goal was to analyze the problems of municipal waste management, follow the principles of reduction, harmlessness and use of resources, improve waste classification and pre-treatment process, in order to promote the traditional method of municipal waste management in the country. It is transformed into comprehensive treatment, so as to realize the sustainable development of urban domestic waste treatment in China.

## References

1. *Yu Bei*. Research on the current situation and countermeasures of urban domestic waste sorting and collection / Yu Bei, Bin Xiaobei, Cao Hong // Environmental Sanitation Engineering. — 2021. — Vol. 6. — P. 24–36.
2. *Lu Yingfang*. Discussion on the Countermeasures of Sorting and Collection of Urban Domestic Waste in China / Lu Yingfang, Sun Xiangjun // Environmental Sanitation Engineering. — 2002. — Vol. 10. — P. 341–355.
3. *Liao Rujun, Huang Jianzhong, Yang Danrong*. Status and countermeasures of classification and treatment of urban domestic waste in China // [J]. Occupational Hygiene and Injury, 2021, (27):30–34.
4. *Hou Xiaolong, Ma Xiangqing*. Urban Waste in China The current situation of treatment and utilization countermeasures of pollution prevention and control technology // [J]. Technology, 2015(6):19.
5. *Gao Guang, Dong Yawen, Jin Haobo, etc.* City Research on waste disposal and management countermeasures // [J]. Urban Environment and Urban Ecology, 2016(12):39.

Поступила 12.09.2022

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНО-МИГРАЦИОННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИГРАЦИИ КАДМИЯ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Антропова Н. С., nantropova@cspmz.ru,  
Абрамов Е. Г., eabramov@cspmz.ru*

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия

Одной из важных функций почв является регулирование трансформации и миграции загрязнителей. Почвенные условия влияют на поведение поллютантов, существенно изменяя уровень загрязнения ими окружающей среды. Циркуляция поллютантов и продуктов их деградации в природных средах зависит как от самой их характеристики, так и от аккумуляции и трансформации их в почве, выноса за пределы почвенной толщи, попадания в горизонты грунтовых вод. В связи с этим большое значение в гигиеническом нормировании веществ в почве имеет функционально-экологический подход, предусматривающий анализ функционирования и изменчивости свойств поллютантов в зависимости от типа почв [1].

На степень устойчивости почв к различным видам антропогенных воздействий в наибольшей степени влияет комплекс таких показателей, как положение почвы в ландшафте, мощность органо-генного и гумусово-аккумулятивного горизонтов, кислотность почвы, емкость катионного обмена, содержание гумуса, гранулометрический состав почв [2].

Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию предельно допустимых концентраций (далее — ПДК) химических веществ в почве (утв. Минздравом СССР от 05.08.1982 № 2609–82) содержат базовый набор критериев, которые необходимо учитывать при разработке нормативов химических веществ в почве. Согласно классическим представлениям, гигиеническое обоснование ПДК для химического загрязнителя почвы базируется на четырех основных показателях вредности, определяемых экспериментально: транслокационном (переход в растения), миграционном водном, миграционном воздушном, общесанитарном. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве устанавливаются экспериментально в лабораторных опытах. Лабораторные исследования проводятся на естественном типе почвы, преобладающем в данной местности (крае, области, республике), наиболее легкого гранулометрического состава (песчаные, супесчаные) с содержанием гумуса не выше 2%, определенным значением рН.

Миграционный водный показатель вредности — способность химического вещества переходить из почвы в подземные грунтовые воды.

В настоящее время как в России, так и в странах Европы учитывают водно-миграционный путь при оценке загрязнения почв [3].

Кадмий — тяжелый металл, относящийся к 1-му классу опасности. Основным источником загрязнения внешней среды кадмием — предприятия цветной металлургии, машиностроения, электро-

техническая и химическая промышленность и смежные отрасли. Исследования по содержанию и поведению кадмия в почвенном покрове немногочисленны [4]. Тем не менее электронная конфигурация атома кадмия, в частности, наличие d-электронных орбиталей, обуславливает достаточно высокую химическую активность кадмия и склонность атомов этого элемента к комплексообразованию.

Учитывая существующую на сегодняшний день неизбежность антропогенного загрязнения окружающей среды кадмием, его химическую активность и миграционную способность, считаем изучение поведения этого токсичного, канцерогенного и обладающего кумулятивными свойствами металла при попадании в почву представляющим интерес.

Цель исследования — провести сравнительный анализ водно-миграционного показателя кадмия на почвах различного функционального назначения.

Миграционный эксперимент проводился в соответствии с Методическими рекомендациями по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве (п. 2.5 — Определение доступной концентрации химического вещества в почве по величине его миграции в источники водоснабжения (миграционный водный показатель)). Для изучения процесса миграции элемента кадмия (Cd) через слой почвы использовали специально подготовленные миграционные колонки, изготовленные из инертного полимерного материала, высотой  $\approx 24$  см и внутренним диаметром 10,5 см, длительность эксперимента составила 1 месяц.

Для исследования использовали зональную дерново-подзолистую легкосуглинистую почву (опытное поле ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»), песчаную почву (карьер «Буньково» Московской области), городскую почву (ул. Погодинская г. Москвы) и водный раствор кадмия в различных концентрациях. Выбор испытываемых концентраций обоснован нормативом ориентировочно допустимой концентрации кадмия в почве.

Количественное содержание кадмия в почвенных фильтрах и в образцах почвы анализировали атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА-915МД с атомизацией пробы в графитовой кювете электротермическим способом.

Исследования химических (физических) показателей в пробах почв и их гранулометрического состава проводились на базе испытательно-лабораторного центра ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева». Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты физико-химических показателей в пробах почв

Почва	Показатели					
	рН водной вытяжки	Гранулометрический состав		Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г	Массовая доля органического вещества, %	60 % от полной влагоемкости, мл/кг
		Физ. песок, %	Физ. глина, %			
Дерново-подзолистая (Немчиновка)	7,09	62,55	37,45	8,0	0,78	224,4
Песчаная (Буньково)	7,07	93,17	6,83	4,2	3,05	178,2
Городская (Погодинская)	8,54	92,01	7,99	21,7	16	302,4

Как показал эксперимент, после промывания почвенных колонок содержание кадмия в почвенных фильтрах для всех количеств вносимого в верхний слой исследуемых почв кадмия являлось фоновым и соответствовало  $0,05$  мкг/дм<sup>3</sup> или ниже.

Исследования в колонках позволяют также определить распределение исследуемого химического вещества по профилю почвы. Для этого после окончания опыта колонки разбираются на отдельные сегменты, почва из которых анализируется на содержание изучаемого вещества.

В таблицах 2–4 приведены значения концентраций кадмия, распределившегося по слоям, считая от верха колонки. Эти слои толщиной по 3 см снимались сверху колонок, и, как показал эксперимент, 98 % внесенного кадмия концентрировалось в верхнем трехсантиметровом слое почвы. Второй трехсантиметровый слой (6 см от верха колонки) содержал кадмий на 1,5–2 порядка меньше, чем первый, третий трехсантиметровый слой почвы (9 см от верха колонки) по содержанию кадмия соответствовал или был близок фону контрольных образцов. Следует отметить, что в колонки с разными почвами вносилось разное количество кадмия, чтобы придерживаться исследуемых концентраций: 0,5; 1; 2 и 15 мг/кг. Это обусловлено разностью плотности почвы, что влияло на наполняемость ею колонок и составляло от 2 до 3 кг.

Таблица 2 — Результаты исследования содержания кадмия в послойных образцах дерново-подзолистой почвы, «Немчиновка»

№ слоя	Послойная концентрация кадмия в почве, мг/кг			
	Введено 0 мг Cd (контроль)	Введено 1 мг Cd	Введено 2 мг Cd	Введено 4 мг Cd
3 см	0,06	2,83	6,48	16,7
6 см	0,05	0,25	0,27	0,27
9 см	0,05	0,07	0,06	0,05

Таблица 3 — Результаты исследования содержания кадмия в послойных образцах песчаной почвы, «Буньково»

№ слоя	Послойная концентрация кадмия в почве, мг/кг				
	Введено 0 мг Cd (контроль)	Введено 1,5 мг Cd	Введено 3 мг Cd	Введено 6 мг Cd	Введено 45 мг Cd
3 см	0,15	5,5	13,3	25,2	200
6 см	0,16	0,26	0,74	0,82	0,90
9 см	0,15	0,15	0,18	0,21	0,33

Таблица 4 — Результаты исследования содержания кадмия в послойных образцах городской почвы, ул. Погодинская

№ слоя	Послойная концентрация кадмия в почве, мг/кг				
	Введено 0 мг Cd (контроль)	Введено 1,15 мг Cd	Введено 2,3 мг Cd	Введено 4,5 мг Cd	Введено 34 мг Cd
3 см	0,15	3,8	13,5	22	175
6 см	0,15	0,24	0,72	0,80	0,88
9 см	0,14	0,13	0,15	0,23	0,35

По результатам опыта можно рассчитать «рабочее» количество почвы, поглотившее до 98 % вводимого вещества, соответственно:  $M = 350, 300, 240$  г. Интересно, что трехкратное взвешивание высушенных трехсантиметровых почвенных образцов дало разброс, сходный с расчетным, а именно: 250, 300, 350 г.

Если принять за среднее значение массу трехсантиметрового слоя почвы  $M = 300$  г, то тогда расчетные концентрации кадмия в верхнем слое для опыта с песчаной почвой «Буньково», соответственно, равны 5,0; 10; 20; 150 мг/кг. Опыт на городской почве также подтвердил расчетные концентрации и схожесть процесса концентрирования кадмия на других почвах. Учитывая характер проведения опыта, а именно локальный ввод препарата в почву, размещенную на значительной площади по сечению колонки, и отсутствие стабильного гидродинамического режима как при вводе препарата, так и в процессе промывки колонок (в том числе из-за выделения пузырьков воздуха в объеме почвы), полученные результаты можно признать как хорошо сходимые, несмотря на очевидный локальный, а не объемный характер распределения вводимого препарата в верхних «рабочих» трехсантиметровых почвенных слоях.

Этот вывод подтверждает график на рисунке 1, составленный по результатам опытов, где показана зависимость концентрации кадмия, поглощенного верхним (3 см) слоем почвы, от количества вводимого кадмия.

Попадание усредненных концентрационных точек кадмия, поглощенного верхним слоем, на прямую зависимости от количества введенного вещества также свидетельствует о хорошей сходимости опытов с двумя повторностями.

Таким образом, проведенные эксперименты показали высокую поглотительную способность почвы по отношению к кадмию, что предполагает образование химических связей между ионами кадмия и функциональными группами гумуса. Вероятно, можно предполагать химическое взаимодействие по механизмам ионного обмена с карбоксилатными группами, а также по механизмам комплексообразования. В гигиеническом отношении концентрирование (а не размытие в результате сезонных дождей) кадмия, попадающего в верхний плодородный почвенный слой, представляет серьезную угрозу для населения, поскольку вероятен переход кадмия в растительные формы, в том числе употребляемые человеком. Гранулометрический состав и процентное содержание органического вещества не влияют на концентрирование кадмия в почвах из-за его быстрой кинетики и об-

разования прочных связей, что делает водно-миграционный показатель универсальным для оценки кадмия на разных почвах.



Рисунок 1 — Зависимость концентрации кадмия, поглощенного верхним слоем почвы, от количества вводимого кадмия с водным раствором в колонки

## Литература

1. Ушакова, О.В. Проблемы разработки методических подходов и обоснование гигиенических нормативов роста в почве / О.В. Ушакова, И.С. Евсеева, М.А. Водянова // Гигиена и санитария. — 2022. — Т. 101, № 5. — С. 474–478.
2. Национальный атлас почв Российской Федерации / под общ. ред. С.А. Шобы. — М.: Астрель: АСТ, 2011. — С. 72.
3. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonisation: A report of the ENSURE Action / ed.: C. Carlon. — Luxembourg, 2007. — P. 306.
4. Русских, Е.А. Динамика содержания подвижных соединений кадмия в подзолистых почвах с разной степенью антропогенной нагрузки / Е.А. Русских // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2014. — № 1 (38). — С. 41–44.

Поступила 12.09.2022

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Бельшева Л.Л., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Полянских Е.И., к.х.н., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Федорова Т.А., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Полоневич А.Г., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Булгакова О.А., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Воронцова О.С., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Войтенко С.И., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Андриевская Е.В., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Еркович Т.В., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно–практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Высокие требования, предъявляемые к пищевой продукции, обуславливают применение современных, высокоточных методов анализа ее безопасности и качества.

Основным направлением научной деятельности лаборатории химии пищевых продуктов республиканского унитарного предприятия «Научно–практический центр гигиены» является разработка методик измерений, позволяющих проводить исследования пищевой продукции с высокой точностью и достоверностью. Разрабатываемые методики имеют установленные параметры точности, прецизионности, неопределенности, проходят метрологическую оценку (аттестацию), и сведения о них размещаются в Государственном информационном фонде по обеспечению единства

измерений. В дальнейшем такие разработки могут быть включены в действующие области аккредитации испытательных лабораторий, внесены в Перечни стандартов к Техническим регламентам Таможенного союза, стандартизированы.

В период с 2017 по 2021 г. разработаны методики по определению содержания в пищевой продукции антибиотиков сульфадимезина и метронидазола, инсектицида амитраз, глутаминовой кислоты, консервантов. Также стандартизированы методики по определению меламина, индивидуальных сахаров, синтетических красителей, холина.

Краткие характеристики разработок.

ГОСТ 34515–2019 «Молоко, молочная продукция, соевые продукты. Определение содержания меламина».

Стандарт разработан на основе методики выполнения измерений МВИ.МН 3287–2009 «Определение содержания меламина в молоке, детском питании на молочной основе, молочных и соевых продуктах». Сфера применения: контроль содержания меламина в молоке, молочной продукции, соевых продуктах. Основные характеристики: принцип метода основан на экстракции меламина 5 %-ной смесью раствора трихлоруксусной кислоты с ацетонитрилом с помощью ультразвука, очистке и концентрировании полученного экстракта методом твердофазной экстракции и определении его содержания с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии. Детектирование осуществляется с помощью спектрофотометрического или диодно-матричного детектора. Диапазон измерений массовой концентрации меламина от 0,5 до 10,0 мг/кг продукта, предел повторяемости составил 9,8%, предел промежуточной прецизионности — 23,3%, расширенная неопределенность — 30,0%.

ГОСТ 34516–2019 «Специализированная пищевая продукция, биологически активные и пищевые добавки. Определение массовых долей сахаров».

Стандарт разработан на основе методики выполнения измерений МВИ.МН 4475–2012 «Определение содержания сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза и мальтодекстрин) в специализированных продуктах питания, биологически активных и пищевых добавках». Сфера применения: контроль содержания сахаров (глюкозы, фруктозы, сахарозы, лактозы, мальтозы) в специализированной пищевой продукции (пищевые продукты, предназначенные для детей всех возрастных групп, беременных и кормящих женщин, лиц пожилого возраста, диетического-профилактического питания и т. п.), биологически активных и пищевых добавках. Основные характеристики: принцип метода основан на экстракции углеводов смесью этанол-вода (1 : 1), очистке полученного экстракта с помощью реактивов Карреза I и II и определении их содержания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Детектирование осуществляется с помощью рефрактометрического детектора. Диапазон измерений массовых концентраций глюкозы, фруктозы, сахарозы, лактозы, мальтозы — от 2,5 до 500,0 г/кг продукта. Предел повторяемости составил от 10,6 до 11,8%, предел промежуточной прецизионности — от 12,3 до 16,0%, расширенная неопределенность — от 9,7 до 20,9% в зависимости от определяемого аналита.

СТБ 2545–2019 «Продукция пищевая. Спектрофотометрический метод определения холина».

Стандарт разработан на основе методики выполнения измерений МВИ.МН 5903–2017 «Массовая концентрация холина в пищевой продукции. Методика выполнения измерений спектрофотометрическим методом». Сфера применения: контроль содержания холина в продуктах питания, в том числе для детского питания, биологически активных добавках к пище. Основные характеристики: принцип метода основан на выделении холина из пищевых матриц путем освобождения связанных форм холина с помощью кислотного гидролиза, осаждении высвободившегося холина в виде комплексного соединения с рейнекатом аммония, отделении образовавшегося рейнеката холина от сопутствующих соединений, растворении его в ацетоне и определении оптической плотности полученного раствора спектрофотометрическим методом при длине волны 526 нм. Диапазон определяемых концентраций холина от 40,0 до 75 000,0 мг/кг. Относительные значения пределов повторяемости — 19,3%, промежуточной прецизионности — 23,4%, расширенной неопределенности — 26,3%.

СТБ 2547–2019 «Продукция пищевая. Метод определения красителей с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Стандарт разработан на основе методики выполнения измерений МВИ.МН 5915–2017 «Массовая концентрация синтетических красителей в пищевой продукции. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Сфера применения: контроль содержания 17 синтетических красителей во всех видах пищевой продукции. Основные характеристики: принцип метода основан на экстракции синтетических красителей из пищевых матриц, очистке полученных экстрактов и количественном анализе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием. Диапазон измерений массовых кон-

центраций синтетических красителей (за исключением E155) для алкогольных и безалкогольных напитков от 1,0 до 250,0 мг/кг; для ликеров, жидких соусов, фруктовых сиропов от 2,5 до 250,0 мг/кг; для пищевой продукции от 5,0 до 250,0 мг/кг. Диапазон измерения массовых концентраций синтетического красителя E155 для алкогольных и безалкогольных напитков от 10,0 до 250,0 мг/кг; для ликеров, жидких соусов, фруктовых сиропов от 25,0 до 250,0 мг/кг; для пищевой продукции от 50,0 до 250,0 мг/кг. Относительные значения расширенной неопределенности от 14,9 до 22,9% для различных синтетических красителей.

МВИ.МН 6282–2020 «Массовая доля сульфадимезина и метронидазола в пищевой продукции животного происхождения. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием».

Сфера применения: контроль остаточного содержания сульфадимезина и метронидазола в пищевой продукции животного происхождения. Основные характеристики: принцип метода основан на проведении экстракции сульфадимезина и метронидазола из пищевой матрицы при помощи ацетонитрильно-водной смеси, удалении органического растворителя, растворении остатка в воде, обезжиривании *n*-гексаном, очистке экстракта и концентрировании аналитов при помощи твердофазной экстракции, последующем анализе методом ВЭЖХ–МС/МС, количественном определении методом внутреннего стандарта с использованием матричной градуировки. Диапазон определяемых значений массовой доли сульфадимезина и метронидазола для мясной продукции, рыбной продукции и меда составляет от 0,8 до 130,0 мкг/кг, для молочной продукции — от 0,8 до 50,0 мкг/кг. Значение предела повторяемости составляет 12,6%, предела промежуточной прецизионности — 21,6%, расширенной неопределенности — от 13 до 40% в зависимости от уровня массовой доли аналитов и вида пищевой матрицы ( $P=95\%$ ,  $k=2$ ).

МВИ.МН 6323–2020 «Массовая концентрация консервантов в пищевой продукции. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

МВИ.МН. 6324–2020 «Массовая концентрация консервантов в косметической продукции. Методика выполнения измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Сфера применения: контроль содержания консервантов сорбиновой кислоты, бензойной кислоты, салициловой кислоты, а также парагидроксибензойной кислоты и ее сложных эфиров — метилпарабена, этилпарабена, пропилпарабена, изопропилпарабена, бутилпарабена, изобутилпарабена, бензилпарабена — во всех видах пищевой и косметической продукции. Основные характеристики: метод основан на экстракции консервантов из пищевой и косметической продукции метанолом, очистке экстракта с помощью реактивов Карреза I и II, центрифугировании и количественном определении аналитов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием. Хроматографическое разделение 11 консервантов, включая их изомерные формы, достигается за счет использования хроматографической колонки, заполненной сорбентом, содержащим привитые октадецильные и фенольные группы, а также подвижной фазы, состоящей из фосфатного буферного раствора с pH 2,5 и ацетонитрила в градиентном режиме подачи элюентов. Диапазон измерений массовых концентраций консервантов — от 10,0 до 1000,0 мг/кг продукта. Предел повторяемости составил от 7,6 до 19,5%, предел промежуточной прецизионности — от 8,9 до 14,5%, расширенная неопределенность — от 24,4 до 30,6% в зависимости от определяемого аналита.

МВИ.МН 6330–2020 «Массовая доля амитраза и его метаболитов в пищевой продукции животного происхождения. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием».

Сфера применения: контроль содержания инсектицида амитраз и его метаболитов (2,4-диметиланилин (далее — ДМА), *N*-(2,4-диметилфенил)-*N'*-метилформамида (далее — ДМФФ) и 2,4-диметилформамида (далее — ДМФ)) в продукции животноводства и меда. Основные характеристики: принцип метода основан на проведении экстракции аналитов из пищевой матрицы при помощи ацетонитрильно-водной смеси, удалении органического растворителя, очистке водного экстракта аналитов на картриджах, заполненных диатомовой землей при использовании в качестве экстрагента дихлорметана, концентрировании аналитов за счет отгонки растворителя и растворении сухого остатка в ацетонитриле и воде меньшего объема с последующим анализом методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием в режиме регистрации множественных реакций, количественном определении амитраза методом внутреннего стандарта с использованием матричной градуировки и определении ДМА, ДМФФ и ДМФ методом абсолютной матричной градуировки. Диапазон определяемых значений массовой доли амитраза и его метаболитов составляет для молока от 0,001 до 0,012 мг/кг, для меда, печени, почек, жира сыра — от 0,025 до 0,250 мг/кг. Предел повторяемости составил от 6,0 до 37,0%, предел промежу-

точной прецизионности — от 9,0 до 60,0%, расширенная неопределенность — от 25,0 до 61,0% в зависимости от определяемого аналита и пищевой матрицы.

МВИ. МН 6364–2021 «Массовая доля L-(+)-глутаминовой кислоты в пищевой продукции. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Сфера применения: контроль содержания усилителя вкуса и аромата свободной L-(+)-глутаминовой кислоты в пищевой продукции. Основные характеристики: принцип метода основан на проведении экстракции свободной, не связанной в белке свободной L-(+)-глутаминовой кислоты из пищевой продукции при помощи раствора соляной кислоты молярной концентрации 0,02 моль/дм<sup>3</sup>, очистке экстракта, проведении реакции дериватизации свободной L-(+)-глутаминовой кислоты и последующем анализе дериватизата методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием; диапазон измерений массовой доли свободной L-(+)-глутаминовой кислоты составляет от 0,25 до 100 г/кг; предел повторяемости составил 8,7%, предел промежуточной прецизионности — 15,3%, расширенная неопределенность — 26,2%.

Поступила 06.09.2022

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ГЛИФОСАТА И АМИНОМЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ В ВОДЕ И ПОЧВЕ: ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ**

*Гречина М. С., grechinams@fferisman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Глифосат [N-(фосфометил)глицин] — самый известный гербицид широкого спектра действия. Область его использования обширна и распространяется не только на сельское хозяйство, он также активно применяется в лесничестве и для управления городскими ландшафтами.

Глифосат в препаратах используется в виде солей, чаще всего соли изопропиламина. Вещество легко образует комплексы и прочно связывается с частицами почвы, достигая стойкости до 170 дней [1]. Такая низкая подвижность глифосата в почве сводит к минимуму загрязнение грунтовых вод, однако он может попадать в поверхностные воды после непосредственного использования вблизи водоемов, а также в результате стока или выщелачивания при наземном применении. Микробная биодegradация глифосата в почве, водных отложениях и воде идет преимущественно с расщеплением C-N-связи с образованием основного метаболита аминометилфосфоновой кислоты (АМРА) [2].

Считается, что глифосат обладает низкой токсичностью для млекопитающих и не вызывает побочных эффектов у людей. Однако в последнее время его безопасное использование оказалось под вопросом. Появляются исследования, указывающие на возможную опасность токсических эффектов глифосата, на его возможную канцерогенность. Масштабы и объемы его применения привели к спорам относительно его воздействия на здоровье и окружающую среду в результате накопления в объектах среды обитания. В Европе глифосат и его метаболит АМРА включены в Приложение III Директивы 2008/105/ЕС как вещества, подлежащие рассмотрению для возможной идентификации в качестве приоритетных опасных веществ.

В нашей стране актуальна и высока потребность в чувствительных и доступных методах для определения содержания глифосата и его метаболита в воде и почве на низких уровнях, обеспечивающих гигиенические нормативы, а также в следовых количествах при проведении мониторинговых исследований, оценивающих воздействие пестицида на окружающую среду.

Глифосат и аминометилфосфоновая кислота являются высокополярными веществами, хорошо растворяются в воде и почти не растворимы в органических растворителях. Они являются нелетучими соединениями с относительно низкой молекулярной массой, не имеют химических групп, которые могли бы облегчить их обнаружение. Эти свойства затрудняют их извлечение и анализ на нужных уровнях с помощью простых и прямых методов газожидкостной (далее — ГХ) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (далее — ВЭЖХ).

Из-за сложности матриц (особенно почвенных и растительных экстрактов) или низких концентраций целевых аналитов в образцах природной воды при анализе пестицидов широко применяется твердофазная экстракция, которая используется либо для очистки экстрактов, либо для

обогащения аналита из сильно разбавленных образцов. В информационных источниках описана возможность определения недериватизированного глифосата с применением очень специфических колонок и самого современного оборудования для проведения online твердофазной экстракции (далее — ТФЭ) и др. Для проведения анализа доступными методами (ГХ и ВЭЖХ) необходима дериватизация аналитов с целью их превращения в летучие производные либо для улучшения обнаружения. Так, в литературе описана возможность количественного определения глифосата и его метаболита после реакции экстрактов со смесью гептахлорбутанола и трифторуксусного ангидрида. Производные определяли количественно с использованием газового хроматографа с масс-селективным детектором, работающего в режиме выбранных ионов.

Чаще всего глифосат и АМРА анализируют методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ–МС/МС). При этом 9-флуоренилметилхлорформиат (ФМОС–Сl) является наиболее распространенным реагентом дериватизации перед колонкой. Полученные производные можно разделить с помощью хроматографии на обращенной-фазе и детектировать с применением электрораспыления в режиме отрицательных ионов.

Однако необходимость проведения дериватизации не является единственной проблемой при пробоподготовке и анализе образцов на определение данных аналитов. Исследуемые пестициды трудно анализировать из-за их хелатирующей способности, наличия фосфатных и карбоксильных групп. Беспокойство вызывает сродство этих соединений к нержавеющей стали, стеклу и другим поверхностям, что затрудняет воспроизводимость результатов, особенно в процессе проведения экстракции. Их связывание с натрием в стекле, железом в нержавеющей стали и других металлах вызывает при анализе потери в интенсивности сигнала и хроматографическом разрешении. В некоторых работах описаны процедуры, используемые для деактивации хроматографической системы на протяжении всего анализа для исключения взаимодействия пробы с опасными поверхностями, такие как использование фосфорной кислоты, этилендиаминтетрауксусной кислоты и др., которые необходимо постоянно повторять. Таким образом, важным моментом является минимизация контакта пробы с металлическими и стеклянными оболочками.

С учетом всего вышеизложенного специалистами ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» была разработана методика определения остаточных количеств глифосата и его метаболита аминометилфосфоновой кислоты в воде и почве методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Данный документ имеет свидетельство об аттестации и утвержден в октябре 2021 г. (МУК 4.1.3702–21).

В качестве аналитических стандартов использованы стандартные образцы глифосата с содержанием основного компонента 99,4% и аминометилфосфоновой кислоты с содержанием основного компонента 95,0%. Все применяемые реактивы имели высокую степень очистки, пригодную для LC/MS систем. Учитывая, что исходные растворы аналитов приготовлены на воде, проводили их консервацию концентрированной соляной кислотой (2–3 капли на колбу 100 см<sup>3</sup>), что позволило продлить срок хранения водных растворов до недели.

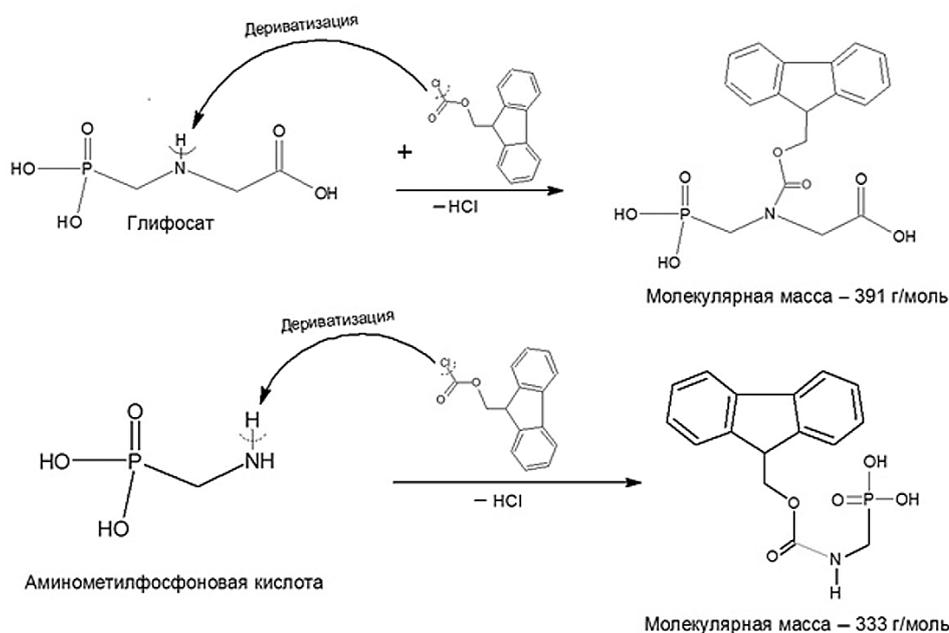
В качестве дериватирующего агента использовали 0,01 М раствор 9-флуоренилметилхлорформиата, приготовленного в ацетоне. Для создания буферной среды использовали 0,025 М водный раствор тетрабората натрия. Сам процесс дериватизации осуществляли в суховоздушном термостате при температуре 50 °С в течение 15 минут. После охлаждения смеси при комнатной температуре в течение 10 минут проводили очистку толуолом.

Получаемые дериваты, представленные на рисунке 1, имеют намного большую молекулярную массу, чем у самих аналитов, что облегчает их идентификацию и повышает чувствительность метода.

До дериватизации концентрирование и очистку образцов воды производили на патронах для ТФЭ на основе сополимера N-винилпирролидона и дивинилбензола (масса сорбента 60 мг). Извлечение веществ из анализируемых проб почвы выполняли 1Н раствором гидроксида натрия с последующей очисткой экстрактов на патронах для ТФЭ.

Операции переведения аналитов в производные и экстракцию образцов осуществляли в полипропиленовой посуде, так как на стекле возможны потери веществ, как уже отмечалось ранее. Также полипропиленовые контейнеры применяли для хранения проб воды и почвы. При возможности для подвижной фазы желательнее использовать бутылки из полиэтилена высокой плотности. Готовые пробы для анализа переливали в виалы со специальными конусными пластиковыми вставками на 250 мкл, что позволило избежать соприкосновения со стеклянными стенками.

Для масс-спектрометрического анализа применялась система Agilent 6460 Triple Quad LC/MS. Анализ проводился в режиме отрицательных ионов, в качестве источника ионизации использовано электростатическое распыление (ESI). Детектирование проводили с использованием режима мониторинга множественных реакций (MRM).



Количественное определение проведено по масс-переходам 390,2→167,8 для глифосата (производное) и 332→109,8 для АМФК (производное). Данные по масс-переходам для идентификации производных глифосата и АМРА были взяты из зарубежных методик, предлагающих и использующих реагент 9-флуоренилметилхлорформат для образования дериватов, поскольку оптимизация реакционных смесей представляет собой трудоемкий и не всегда осуществимый процесс [3].

Четкие, симметричные пики производных глифосата и АМРА были сформированы в смеси 2,2 мМ водного раствора ацетата аммония с ацетонитрилом при градиентном режиме элюирования на стальной хроматографической колонке длиной 150 мм, внутренним диаметром 2,1 мм, заполненной обращенно-фазным сорбентом с привитыми монофункциональными полярными группами С18 и зернением 1,8 мкм при скорости подачи растворителя 0,4 мл/мин. Линейный диапазон детектирования 10–100 пг. Ориентировочное время удерживания: глифосат (производное) – 3,05 мин., АМРА (производное) – 3,74 мин.

Валидация метода проведена на модельных образцах воды и почвы с внесением глифосата и АМРА на уровне нижнего предела количественного измерения (0,001 мг/л – вода, 0,01 мг/кг – почва), а также 2-х, 5-и и 10-и пределов их количественного определения. По результатам статистической обработки экспериментальных данных оценены показатели качества в виде характеристики погрешности и ее составляющих.

Таким образом, была разработана методика количественного определения остаточных количеств глифосата и его метаболита аминометилфосфоновой кислоты в воде и почве методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, обеспечивающая определение глифосата и АМФК в воде в диапазоне 0,001–0,010 мг/л (до 0,1 мг/л при разбавлении), в почве – 0,01–0,10 мг/кг (до 1,0 мг/кг при разбавлении). Необходимую чувствительность метода удалось получить благодаря преобразованиям глифосата и его метаболита в хорошо детектируемые соединения – флуорогенные производные – с помощью дериватирующего реагента FMOC в среде боратного буфера, а также использованию высокочувствительного и селективного метода высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, настраиваемого на регистрацию масс-переходов с заданными значениями отношений их массы к заряду ( $m/z$ ).

Новый методический документ дополнил базу аналитических методов контроля глифосата и его метаболита аминометилфосфоновой кислоты в системе социально-гигиенического мониторинга.

## Литература

1. Glyphosate and AMPA [Electronic resource] // Guidelines for drinking-water quality. Background document for development of WHO. – Geneva, 2005. – Mode of access: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/drinking-water-quality-guidelines/>. – Date of access: 08.09.2022.

2. Glyphosate [Electronic resource] // Tu, M. Weed Control Methods Handbook: Tools & Techniques for Use in Natural Areas / M. Tu, C. Hurd, J.M. Randall. — Mode of access: <https://roycestreeservice.com/wp-content/uploads/Glyphosate-Nature-Conservancy.pdf>. — Date of access: 08.09.2022.

3. Hanke, I. Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography–tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection / I. Hanke, H. Singer, J. Hollender // Analytical and Bioanalytical Chemistry. — 2008. — Vol. 391, № 6. — P. 2265–2276.

Поступила 12.09.2022

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМНОГО ГЕРБИЦИДА ПОЧВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ КЛАССА ХЛОРАЦЕТАНИЛИДОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ УРЕАЗЫ В ПОЧВЕ

Громова И.П., к.б.н., [gromovaip@mail.ru](mailto:gromovaip@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Масштабы использования пестицидов в условиях сельского хозяйства Российской Федерации (далее — РФ) как средств защиты растений непрерывно возрастают, и по-прежнему они занимают важное место в общей системе химических загрязнителей окружающей среды, представляющих угрозу для здоровья человека. Это связано с рядом особенностей данной группы ксенобиотиков, которые заключаются в преднамеренности внесения в почву с возможным накоплением в ней (пестициды с высокой персистентностью в почве), во влиянии на ее микробиоту, а также в способности перемещения, циркуляции в природных средах (вода, атмосферный воздух, растения) и реальном контакте с ними широких масс населения.

Гигиеническое нормирование стойких в почве пестицидов (1-й и 2-й классы опасности) по основному комплексному критерию — предельно допустимой концентрации — заключается в изучении их влияния на гигиеническую безопасность почвы для населения, ее биологическую активность и самоочищающую способность (общесанитарный показатель вредности), а также на процессы миграции поллютантов из почвы в сопредельную с ней окружающую среду (миграционно-водный, миграционно-воздушный, транслокационные показатели вредности).

Метод лабораторного моделирования является обязательной частью при нормировании пестицидов в почве, так как данные эксперимента, проведенного в экстремальных условиях, позволяют получить более стабильные и сопоставимые результаты [1].

При проведении интегрального исследования была дана оценка влиянию производного класса хлорацетанилидов на ферментативную активность уреазы (класс гидролаз, амидаза), ключевого катализатора биодеградации мочевины в почве, который обладает большой чувствительностью к внешнему молекулярному и ионному окружению.

Ферментативная активность гидролаз (уреаза, инвертаза, фосфатаза и др.) служит важным параметром для оценки биологической стабильности почв. С уреазой связаны аммонификация мочевины и переход азота в доступную для растений форму. Ее активность коррелирует с активностью всех главных энзимов азотного метаболизма.

Известно, что почва имеет стабильный уровень уреазной активности. Отрицательное воздействие на скорость гидролиза мочевины (ингибирование активности уреазы) в почве оказывает наличие в ней карбонатов, солей мышьяка, цинка, ртути, сульфат-ионов, соединений меди и бора, а также органических соединений (алифатические амины, дегидрофенолы и хиноны) и т.д.

Гербициды на основе действующего вещества класса хлорацетанилидов рекомендуются к применению в условиях сельского хозяйства РФ против однолетних злаковых и некоторых двудольных сорняков при возделывании зерновых, бобовых, масличных, овощных культур способом однократной наземной штанговой обработки почвы до/после всходов культуры с нормами расхода препаратов 1–4,5 л/га (одно- или двукратно) [2].

Действующее вещество хорошо растворяется в большинстве органических растворителей, растворимость в воде 488 мг/л (при 25 °С, рН 7), устойчиво к гидролизу, не разлагается при 275 °С, не летучее (константа закона Генри при 25 °С ( $P_a \times m^3/\text{моль}$ ) —  $2,20 \times 10^{-03}$ ).

В соответствии с гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности по стойкости в почве действующее вещество отнесено ко 2-му классу опасности (опасное соединение) [3].

На персистентность гербицидов в почве влияют процессы сорбции, улетучивания, выщелачивания и разложения, которые управляют их концентрацией и перемещением в почвенном растворе.

Действующее вещество разлагается в почве в аэробных условиях с периодом полураспада 8,8–96 дней (в эксперименте на опесчаненном суглинке). Микробная деградация и фотолитиз являются его обычными путями трансформации в почве. Эти процессы приводят к образованию метаболитов, которые обычно менее токсичны и легче разлагаются, чем исходное соединение. Основными метаболитами являются этансульфоновая кислота и оксаниловая кислота, которые образуются в процессе дехлорирования и последующего добавления функциональной группы.

Микробное разложение считается основным путем трансформации химического вещества в почве. Это происходит в результате кометаболического процесса, в котором молекула гербицида разлагается в результате нескольких метаболических реакций, но не служит источником энергии для роста микроорганизмов. Процесс разложения микроорганизмами зависит от температуры, влажности, степени выщелачивания, типа почвы, уровня нитрификации, концентрации кислорода и солнечного света.

Фотодеградация способствует деградации вещества в почве в течение продолжительных периодов засухи, когда гербицид остается близко к поверхности почвы. Однако действующее вещество считается относительно устойчивым к фотолитическому разложению.

Действующее вещество адсорбируется всеми типами почвы (песок, опесчаненный суглинок, пылеватый суглинок, глина) и классифицируется как имеющее подвижность в диапазоне от низкой до высокой, с коэффициентом сорбции от 100 до 1000. Процесс сорбции происходит на частицах почвы силами Ван-дер-Ваальса, гидрофобным разделением, комплексами с переносом заряда, обменом лиганда и ковалентным связыванием или комбинацией этих взаимодействий. Сорбция вещества в почве положительно коррелирует с содержанием в ней органических веществ и глины. Изменение содержания органического вещества от 0,9 до 5,7 % увеличивает коэффициент сорбции примерно в 6 раз. Кроме того, поскольку содержание органических веществ в почвенном профиле постепенно уменьшается с глубиной, ожидается увеличение удерживания гербицида в верхнем слое почвы.

На основании данных о стойкости и метаболизме действующего вещества можно сделать вывод, что аккумуляция препаратов на его основе в почве при повторном и более применении в условиях сельского хозяйства РФ весьма вероятна.

Наши исследования были выполнены согласно методике нормирования стойких действующих веществ пестицидов в почве в экстремальных почвенно-климатических условиях с использованием единого имитирующего стандартного модельного почвенного эталона, который имеет постоянный гранулометрический и физико-химический состав песчаной почвы.

Внесение вещества осуществлялось в виде растворов в стерильной водопроводной воде с соблюдением общего количества влаги, обеспечивающей 60 % влажности от полной влагоемкости, в концентрациях 1,0 мг/кг (максимально рекомендуемая норма расхода препаратов на основе действующего вещества в сельском хозяйстве РФ), 0,1 мг/кг и 10,0 мг/кг (стойкость действующего вещества в почве больше одного вегетационного периода) в трехкратной повторности, контроль — почва без внесения вещества.

Для создания условий нормального процесса нитрификации в модельную почву (рН-водной вытяжки 6,1–6,5) были добавлены соответствующие навески солей сернокислого аммония, фосфорнокислого калия, сернокислого магния, гидрата окиси кальция, а также «болтушка» перегнойной почвы в количестве 1 % от веса почвы [4].

Опыт проведен при стабильных (+23 °С) температуре и влажности (60–65 %). Отбор и пробоподготовку проводили общепринятыми методами на 1-, 3-, 7-, 14-, 20-, 30-, 45-, 60-й дни эксперимента. Активность уреазы определялась по методике И.Н. Ромейко и С.М. Малинской [5]. В основе метода лежит спектрофотометрическое измерение количества окрашенных комплексов реактива Несслера с аммиаком (аммонийным азотом), образующимся при гидролизе мочевины под действием уреазы. Концентрацию аммонийного азота в растворе определяли по калибровочному графику, построенному по серии растворов хлорида аммония, а активность уреазы рассчитывали по формуле, в которой обязательно учитывали контрольное измерение количества аммиака, имеющегося в почве, в том числе образующегося неферментативным путем, с учетом контрольных измерений в стерильной почве.

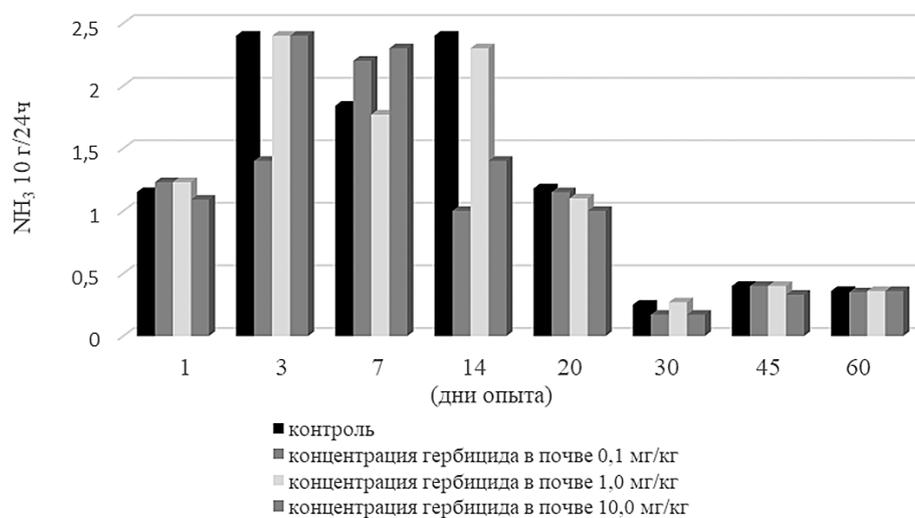
Обработку и анализ полученных данных выполняли математико-статистическими методами на базе современных информационных технологий с применением типового лицензионного программного обеспечения Microsoft Excel (XLSTAT-Pro). Различия показателей считались достоверными при  $p < 0,01$ .

При проведении анализа полученных данных была отмечена статистически значимая ( $p < 0,01$ ) по сравнению с контролем инактивация уреазы на 3-й и 14-й дни эксперимента в опытных пробах почвы с концентрацией гербицида 0,1 мг/кг и на 14-й день эксперимента в опытных пробах с концентрацией гербицида 10 мг/кг:

— на 3-й день: контроль — активность уреазы в почве 2,4 мг  $\text{NH}_3$  10 г/24 ч; 0,1 мг/кг — активность уреазы в почве 1,4 мг  $\text{NH}_3$  10 г/24 ч;

— на 14-й день: контроль — активность уреазы в почве 2,1 мг  $\text{NH}_3$  10 г/24 ч; 0,1 мг/кг — активность уреазы в почве 1,0 мг  $\text{NH}_3$  10 г/24 ч; 10,0 мг/кг — активность уреазы в почве 1,4 мг  $\text{NH}_3$  10 г/24 ч.

В конце наблюдения (60-й день эксперимента) различий в опытных и контрольных образцах не обнаружено (рисунок 1).



**Рисунок 1 — Динамика изменения ферментативной активности уреазы в почве при воздействии гербицида класса хлорацетанилидов**

Ферментативная активность уреазы в почве при воздействии гербицида в концентрации 1,0 мг/кг во все сроки наблюдения (с 1-го по 60-й дни) была на уровне контроля.

Ингибирование активности уреазы отражает совокупность ряда биохимических процессов, протекающих в почве при воздействии гербицида (связывание катионов и анионов ксенобиотика почвенными частицами, угнетение микробиологической фракции почвы и др.), влияющих на их направленность в сторону снижения минерализации органического вещества в анализируемой почве.

К концу эксперимента ферментативная активность уреазы постепенно нормализовалась, что свидетельствует о стабилизации процессов разложения мочевины и адекватной резистентности почвы к поллютанту, на основании чего можно сделать вывод, что самоочищение почвы интенсифицировалось после первичной ответной реакции фермента на воздействие гербицида.

Однако необходимо отметить, что при несоблюдении установленных норм расхода при использовании препаратов на основе действующего вещества класса хлорацетанилидов, разрешенных к применению на территории РФ, может наблюдаться снижение интенсивности процессов биогенной азотфиксации.

Таким образом, гербициды на основе производного класса хлорацетанилидов при применении в сельском хозяйстве России с рекомендуемой максимальной нормой расхода не будут оказывать отрицательного влияния на процессы минерализации органических веществ в почве.

## Литература

1. Актуальность гигиенического нормирования пестицидов в почве / А.Ю. Попова [и др.] // Гигиена и санитария. — 2018. — Т. 97, № 6. — С. 485–490.
2. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. — Вып. 25. — М.: ООО «Издательство Агрорус», 2021. — 887 с.
3. Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов по степени опасности [Электронный ресурс]: метод. рек. МР 1.2.0235–21: утв. Гл. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 15 февр. 2021 // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». — М., 2022.

4. Методические рекомендации по установлению ПДК химических веществ в почве: метод. рек. № 2609–82: утв. зам. Гл. гос. санитар. врача СССР 05 авг. 1982. — М., 1982. — 58 с.

5. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. — М.: Наука, 2005. — 251 с.

Поступила 05.08.2022

## **МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МОЛИБДЕНА, НИКЕЛЯ, ЦИНКА, МЕДИ И ХРОМА В МОДЕЛЬНЫХ СРЕДАХ, ИМИТИРУЮЩИХ ПИЩЕВУЮ ПРОДУКЦИЮ, КОНТАКТИРУЮЩУЮ С УПАКОВКОЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ**

*Дребенкова И.В., к.т.н., spectrometric@rspch.by,*

*Кузовкова А.А., к.б.н., zav\_lsi@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

При производстве упаковки из всем известных полимеров (полиэтилена, полипропилена, полистирола) используют потенциально опасные добавки, такие как стабилизаторы, пластификаторы и антипирены, которые могут наносить вред здоровью человека. Воздействие на организм человека добавляемых в полимерные изделия химических веществ может быть очень серьезным. Даже их небольшое количество может привести к поражению иммунной и репродуктивной систем, раку, нарушению интеллектуальных функций и/или отставанию в развитии. Существует насущная необходимость разработки более безопасных материалов [1]. Современные тенденции направлены на отказ от использования пластиковой упаковки и посуды с заменой ее на биоразлагаемую, большинство из которой производится на основе полиэтилена, полипропилена и полистирола с добавлением природных полимеров (например, кукурузного крахмала) или катализаторов, ускоряющих их химическое, физическое окисление и расщепление, приводящее далее к биоразложению в почве микроорганизмами. Добавки в традиционной и биоразлагаемой упаковке могут содержать токсичные элементы, поэтому обязательным этапом оценки безопасности упаковки является определение содержания в ней тяжелых металлов, а также оценка уровней их миграции в модельные среды, которые имитируют пищевые продукты, контактирующие с упаковкой.

В настоящее время в Перечне стандартов к техническому регламенту Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» (далее — ТР ТС 005/2011), который действует на территории стран Евразийского экономического союза, отсутствуют прямые методы определения уровней миграции токсичных элементов из упаковки в модельные среды. Предлагается использовать стандарты для питьевой воды, в частности ГОСТ 31870–2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии» [2].

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что разработка метода измерений, позволяющего определять уровни миграции токсичных химических элементов из упаковки в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию, актуальна.

Целью данной работы являлась разработка методики измерений массовых концентраций токсичных элементов (цинк (далее — Zn), хром (далее — Cr), медь (далее — Cu), никель (далее — Ni), молибден (далее — Mo)) в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с упаковкой, в том числе биоразлагаемой.

Объекты исследований — модельные пробы на основе органических кислот, имитирующие вытяжки из упаковки: 1) пробы 3%-ной молочной кислоты; 2) пробы 3%-ной уксусной кислоты; 3) пробы 2%-ной лимонной кислоты, содержащие Mo в концентрации 0,1–1,0 мг/дм<sup>3</sup>, Ni — 0,05–0,5 мг/дм<sup>3</sup>, Zn — 0,5–5,0 мг/дм<sup>3</sup>, Cu — 0,5–5,0 мг/дм<sup>3</sup>, Cr — 0,05–0,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Испытания проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии, отличающимся экспрессностью и хорошей воспроизводимостью. Для этой цели использовали современное высокоточное аналитическое оборудование — атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Ultima-2 (Horiba Jobin Yvon, Франция), оснащенный пневматическим распылителем. Метод основан на измерении интенсивности излучения атомов определяемых токсичных химических элементов, возникающего при распылении анализируемой пробы в аргонную плазму, индуктивно возбуждаемую радиочастотным электромагнитным полем.

Для установления оптимальных параметров анализа содержания Zn, Cr, Cu, Ni, Mo в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с упаковкой, для каждого из исследуемых элементов протестированы от 2 до 4 специфических длин волн детекции.

Выбор линий осуществлялся по следующим критериям: необходимая чувствительность; отсутствие наложения; тип линии (атомные линии предпочтительны, так как они более независимы от изменений мощности генератора, газовых потоков и т.д., чем ионные линии, но ионные линии более чувствительны).

Таким образом, оптимальными длинами волн детекции для токсичных химических элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой, являются следующие: Mo — 202,030 нм, Ni — 221,647 нм, Zn — 213,856 нм, Cu — 324,754 нм, Cr — 267,716 нм.

Установлены оптимальные условия работы атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Ultima-2 Horiba JY в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой.

Выбор мощности генератора зависит от исследуемой матрицы. Для водных растворов оптимальная мощность генератора составляет 1000 Вт. Так как исследуемые пробы представляют собой растворы органических кислот, то для уменьшения любых возможных матричных эффектов мощность генератора была повышена до 1100 Вт.

Для всех пяти исследуемых токсичных элементов при проведении оценки их концентраций в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Ultima-2 Horiba JY используется слабый поток оболочечного газа со скоростью 0,2 дм<sup>3</sup>/мин, так как повышение этого значения привело бы к потере чувствительности.

Скорость потока газа плазмы атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Ultima-2 Horiba JY соответствует скорости для растворов органических кислот.

Таким образом, оптимальные параметры работы атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Ultima-2 Horiba JY следующие:

- мощность генератора — 1100 Вт;
- скорость потока газа плазмы — 12 дм<sup>3</sup>/мин;
- скорость потока газа в оболочке — 0,2 дм<sup>3</sup>/мин;
- скорость потока вспомогательного газа — 0 дм<sup>3</sup>/мин;
- скорость распыления — 0,8 дм<sup>3</sup>/мин при 2,82 бар;
- скорость подачи пробы — 1,2 см<sup>3</sup>/мин.

Пределы количественного определения массовых концентраций указанных элементов в 2%-ной лимонной кислоте составляют: для Mo — 0,0053 мг/дм<sup>3</sup>; для Ni — 0,0034 мг/дм<sup>3</sup>; для Zn — 0,0064 мг/дм<sup>3</sup>; для Cu — 0,0048 мг/дм<sup>3</sup>; для Cr — 0,0020 мг/дм<sup>3</sup>; в 3%-ной молочной кислоте: для Mo — 0,0054 мг/дм<sup>3</sup>; для Ni — 0,0055 мг/дм<sup>3</sup>; для Zn — 0,0017 мг/дм<sup>3</sup>; для Cu — 0,0076 мг/дм<sup>3</sup>; для Cr — 0,0017 мг/дм<sup>3</sup>; в 3%-ной уксусной кислоте — для Mo — 0,0072 мг/дм<sup>3</sup>; для Ni — 0,0031 мг/дм<sup>3</sup>; для Zn — 0,0048 мг/дм<sup>3</sup>; для Cu — 0,0076 мг/дм<sup>3</sup>; для Cr — 0,0024 мг/дм<sup>3</sup>.

В результате исследований был разработан способ определения концентраций токсичных химических элементов в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с биоразлагаемой упаковкой.

На основе вышеуказанного способа разработана методика измерений массовых концентраций Mo, Ni, Zn, Cu и Cr в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с упаковкой, в том числе биоразлагаемой. Диапазоны измерений массовых концентраций токсичных элементов (Zn, Cr, Cu, Ni, Mo) в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с упаковкой, в том числе биоразлагаемой, включают установленные в ТР ТС 005/2011 [2] и Гигиеническом нормативе [3] значения минимально допустимых количеств миграции (далее — ДКМ) из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами: ДКМ для Zn — 1,0 мг/дм<sup>3</sup>; ДКМ для Cr — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; ДКМ для Cu — 1,0 мг/дм<sup>3</sup>; ДКМ для Mo — 0,25 мг/дм<sup>3</sup>; ДКМ для Ni — 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Диапазоны массовых концентраций, а также пределы повторяемости, пределы промежуточной прецизионности и относительные расширенные неопределенности для каждого из элементов приведены в таблице 1.

Установлено, что для исследуемых элементов в 2%-ной лимонной кислоте предел повторяемости составляет от 4,6 % до 9,2 %, предел промежуточной прецизионности — от 4,3 % до 17,4 %, относительная расширенная неопределенность — от 15,5 % до 24,8 %; в 3%-ной молочной кислоте предел повторяемости составляет от 5,2 % до 8,5 %, предел промежуточной прецизионности — от 6,8 % до 16,0 %, относительная расширенная неопределенность — от 17,6 % до 26,3 %; в 3%-ной уксусной

кислоте предел повторяемости составляет от 3,7% до 7,9%, предел промежуточной прецизионности — от 6,9% до 11,6%, относительная расширенная неопределенность — от 17,3% до 21,5%.

Таким образом, разработана методика измерений уровней миграции Mo, Ni, Zn, Cu и Cr из упаковки в модельные среды, имитирующие пищевую продукцию, контактирующую с упаковкой, в том числе биоразлагаемой. Применение методики позволит повысить качество и эффективность контроля за безопасностью товаров потребления при проведении государственного санитарного надзора.

Таблица 1 — Метрологические характеристики методики измерений массовых концентраций Mo, Ni, Zn, Cu и Cr в модельных средах, имитирующих пищевую продукцию, контактирующую с упаковкой, в том числе биоразлагаемой

Токсичный элемент	Массовая концентрация элемента, мг/дм <sup>3</sup>	Предел повторяемости r, %	Предел промежуточной прецизионности r I(TO), %	Относительная расширенная неопределенность U, %
2%-ная лимонная кислота				
Mo	от 0,1 до 1,0	5,3	4,3	18,3
Ni	от 0,05 до 0,5	9,2	17,4	24,8
Zn	от 0,5 до 5,0	5,3	4,3	18,5
Cr	от 0,05 до 0,4	6,0	7,4	15,0
Cu	от 0,5 до 5,0	4,6	6,7	19,5
3%-ная молочная кислота				
Mo	от 0,1 до 1,0	5,2	6,8	26,3
Ni	от 0,05 до 0,5	8,5	16,0	26,3
Zn	от 0,5 до 5,0	7,1	7,2	20,0
Cr	от 0,05 до 0,4	5,2	8,9	24,2
Cu	от 0,5 до 5,0	5,3	6,8	17,6
3%-ная уксусная кислота				
Mo	от 0,1 до 1,0	7,9	10,8	17,3
Ni	от 0,05 до 0,5	4,9	7,0	21,5
Zn	от 0,5 до 5,0	5,9	11,6	17,8
Cr	от 0,05 до 0,4	4,9	6,9	18,7
Cu	от 0,5 до 5,0	3,7	7,9	17,5

Исследования выполнены в рамках задания 04.06 «Разработать и научно обосновать метод гигиенической оценки упаковки и материалов, контактирующих с пищевой продукцией, включая биоразлагаемые» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг».

## Литература

1. Токсичные добавки в пластике и многооборотная экономика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics\\_and\\_additives\\_-\\_v1-o-ru.pdf](https://ipen.org/sites/default/files/documents/plastics_and_additives_-_v1-o-ru.pdf). — Дата доступа: 28.02.2022.
2. О безопасности упаковки: ТР ТС 005/2011: принят 16.08.2011: вступ. в силу 01.07.2012 / Евраз. экон. комис. — Переизд. январь 2017. — Минск: Госстандарт, 2017. — 32 с.
3. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами: гигиен. норматив: утв. Постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 30.12.2014 № 119 // Гигиена питания. — Вып. 4. — Минск, 2015. — С. 11–27.

Поступила 06.09.2022

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКОГО НЕМАТОЦИДА В ОБЪЕКТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Егорченкова О.Е., *e-ol@mail.ru*,

Березняк И.В., д.б.н., профессор, *gigienatryda@mail.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Нематоды — вредители, оказывающие значительное влияние на урожайность различных сельскохозяйственных культур. Болезни, вызываемые нематодами — одно из самых трудноискоренимых заболеваний в теплицах, круг поражаемых растений включает свыше 200 видов. Вредоносность нематод выражается в истощении растения и в резком снижении урожая, а потом и в преждевременной массовой гибели.

Для борьбы со стеблевыми или листовыми нематодами, паразитирующими на корнях растений, широко применяются фосфорорганические нематоциды путем внесения их в почву, а также при предпосевной обработке семян, луковиц, клубней или корней рассады. В связи с этим проблема контроля фосфорорганических пестицидов в объектах окружающей и производственной среды приобретает актуальное значение.

Фостиазат — (RS)-S-втор-Бутил-О-этил-2-оксо-1,3-тиазолидин-3-илтиофосфат — широко используемый хиральный фосфорорганический нематоцид нового поколения, в качестве активного ингредиента в средствах защиты растений подавляет все виды нематод, а также обладает инсектицидным действием в борьбе против проволочников в любых почвенно-климатических условиях, тлей, трипсов и клещей на картофеле, табаке, овощных и некоторых других культурах. Современные препараты на основе фостиазата обладают контактным и фумигантным действием на нематод и насекомых, находящихся в почве в корнеобитаемой зоне [1]. Вредители обычно погибают от паралича дыхательных органов и общего паралича организма, гибель наступает, в зависимости от вида вредителя, через несколько часов.

В окружающую среду химические средства защиты растений поступают во время обработки сельскохозяйственных культур и с последующим испарением с поверхности объектов в воздушную среду. Для обеспечения безопасности работающих при применении препаратов, содержащих фосфорорганические нематоциды, важно иметь достоверную и обширную информацию об уровне загрязнения воздуха и кожных покровов.

Разработка эффективных профилактических мероприятий, направленных на минимизацию риска воздействия вредных веществ на работающих в условиях сельскохозяйственного производства, должна опираться на единые методические подходы по оценке экспозиционных уровней веществ, на основе определения активного ингредиента в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе и на кожных покровах операторов при различных технологиях применения пестицидов [2].

Контроль концентраций фостиазата в объектах окружающей среды не обеспечен официальными методами измерения Российской Федерации и нуждается в создании (валидации) новых надежных методов анализа с применением современных высокоточных средств измерения.

Целью нашей работы было создание метода измерения концентраций фостиазата в воздушной среде, в смывах с кожных покровов операторов с последующей идентификацией газожидкостной хроматографией с масс-спектрометрическим детектированием.

Идентификацию и количественное определение фостиазата выполняли методом газожидкостной хроматографии с использованием хромато-масс-спектрометра Agilent 5977A (ионизация электронным ударом), с газовым хроматографом Agilent 7890B, в режиме регистрации выбранных ионов с отношением масса/заряд ( $m/z$ ) — 195 (количественный расчет), 283, 166, 126 и программным обеспечением Agilent MussHunter.

Концентрирование фостиазата из воздушной среды осуществляли на пробоотборные трубки ORBO-44 со скоростью аспирации 1–5 дм<sup>3</sup>/мин при отборе 5 дм<sup>3</sup> воздуха рабочей зоны и 20 дм<sup>3</sup> атмосферного воздуха. Экстракцию вещества с экспонированных сорбционных трубок выполняли ацетоном. Смывы с кожных покровов проведены этиловым спиртом способом «обмыва» с применением хлопчатобумажной салфетки [3]. Объединенные экстракты концентрировали на ротационном вакуумном испарителе.

При оценке агрегатного состояния фостиазата в воздушной среде использовали расчетные методы, основанные на показателе давления насыщенных паров вещества при конкретной тем-

пературе (0,56 мПа, 25 °С) и молекулярной массе 283,3. Полученная расчетная величина естественной летучести фостиазата ( $7,0 \times 10^{-2}$  мг/м<sup>3</sup>) позволила сделать заключение с учетом гигиенических нормативов (рекомендуемый ОБУВ в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м<sup>3</sup>, в атмосферном — 0,001 мг/м<sup>3</sup>) о гигиенической значимости присутствия вещества в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе в виде паров и аэрозоля.

Использование пробоотборных трубок ОРВО-44, заполненных сополимером дивинилбензола и стирола, обработанных ионообменной смолой, для концентрирования паров и аэрозоля обеспечило эффективный отбор вещества из воздушной среды с достаточной полнотой сорбции и приемлемым проскоком при аспирации воздуха.

Экспериментально установлено, что экспонированные сорбционные трубки с нанесением фостиазата на пористый полимерный сорбент, содержащийся в них, могут храниться в холодильнике (при температуре от +2 до +6 °С) не более 7 дней, экспонированные пробы смывов — не более 10 дней.

Фостиазат состоит из четырех стереоизомеров за счет наличия двух хиральных центров при атомах углерода и фосфора, молярное соотношение четырех стереоизомеров в рацемическом стандарте фостиазата составляет приблизительно 1 : 1 : 1 : 1 [4]. Две пары энантиомеров имеют диастереомерные свойства, и в условиях выбранного нами метода хромато-масс-спектрометрии фостиазат формирует два почти равных пика. Соответственно, аналитические данные для количественного определения фостиазата были рассчитаны с использованием суммы площадей двух наблюдаемых хроматографических пиков.

Градуировочная характеристика, выражающая линейную (с угловым коэффициентом) зависимость суммы площадей пиков энантиомеров фостиазата от концентрации фостиазата в растворе построена в диапазоне концентраций 0,007–0,125 мкг/см<sup>3</sup>, соотношение сигнал-шум на пределе обнаружения 12 : 1.

Оценены основные статистические критерии при разработке аналитического метода: линейность градуировочных характеристик, нижний предел количественного определения, полнота извлечения (открываемость), селективность и специфичность, величина проскока веществ при отборе проб воздушной среды, внутрилабораторная сходимость, стабильность аналитов в градуировочных растворах и экстрактах, подготовленных для измерений.

Средняя полнота извлечения по диапазону определяемых концентраций составила: воздух рабочей зоны — 89,8%, атмосферный воздух — 90,4%, с поверхности кожи — 98,7%. В соответствии с метрологической оценкой методов суммарная погрешность измерения концентраций фостиазата в воздухе рабочей зоны не превысила 35%, в атмосферном — 25% [5].

По результатам выполненной работы сформированы методические указания «Измерение концентраций фостиазата в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест и смывах с кожных покровов операторов методом капиллярной газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием» по разделу 4.1. «Методы контроля. Химические факторы».

Разработанный метод обеспечил низкий уровень количественной идентификации: 0,01 мг/м<sup>3</sup> при аспирации 5 дм<sup>3</sup> воздуха рабочей зоны, 0,001 мг/м<sup>3</sup> при аспирации 20 дм<sup>3</sup> атмосферного воздуха и 0,05 мкг/смыв при смыве с кожных покровов операторов.

Созданный метод использован при проведении гигиенических исследований в период регистрационных испытаний для оценки экспозиционных уровней в пробах воздушной среды и смывах с кожных покровов работающих, отобранных при внесении гранул препарата на основе фостиазата в почву с нормой расхода 30 кг/га с культивацией почвы и при посадке картофеля в условиях реального сельскохозяйственного производства.

В результате анализа в пробах воздушной среды фостиазат не был обнаружен, при нижнем пределе количественного определения: 0,01 мг/м<sup>3</sup> при аспирации 10 дм<sup>3</sup> воздуха рабочей зоны, 0,001 мг/м<sup>3</sup> при аспирации 60 дм<sup>3</sup> атмосферного воздуха и 0,026 мг/м<sup>2</sup> в воздушных сносах (контроль за содержанием препарата, унесенного воздушными потоками за 300 м от обрабатываемой площади).

В смывах с кожи оператора, проведенных сразу после окончания работы, фостиазат обнаружен на всех участках кожи: среднее содержание —  $(0,0006 \pm 0,0001)$  мкг/см<sup>2</sup>, максимальное на уровне 0,0017 мкг/см<sup>2</sup> (голени), минимальное — 0,0001 мкг/см<sup>2</sup> (руки, защищенные во время работы перчатками). Определенные экспозиционные уровни фостиазата на коже подтверждают значимость дермального пути поступления вещества в организм оператора и определяют основное направление профилактических мероприятий, направленных на минимизацию риска воздействия фосфорорганических пестицидов на работающих с ними.

## Литература

1. Nematicidal Activity of Fosthiazate Against Soybean Cyst Nematode *Heterodera glycines* / Hai Yan Wu [et al.] // *J Nematol.* — 2019. — Vol. 51. — P. e2019-e2021.
2. Гигиенический и аналитический контроль загрязнения кожных покровов работающих с пестицидами / А.Ю. Попова [и др.] // *Медицина труда и промышленная экология.* — 2015. — № 10. — С. 8–12.
3. Гигиенический и аналитический контроль за загрязнениями кожных покровов лиц, работающих с пестицидами: метод. указания МУК 4.1.3220–14. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. — 14 с.
4. Stereoisomeric separation and toxicity of the nematicide fosthiazate / K. Lin [et al.] // *Environmental Toxicology and Chemistry.* — 2007. — Vol. 26, iss. 11. — P. 2339–2344.
5. Перечень измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2020 № 1847. — Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011230047>. — Дата доступа: 29.08.2022.

Поступила 01.09.2022

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОВМЕСТНОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕСТИЦИДОВ РАЗНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

*Ивченкова А. А., к. т. н., gurana@yandex.ru,  
Федорова Н. Е., д. б. н., fedorovane@fferisman.ru,  
Добрев С. Д.*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Химико-аналитическое обеспечение контроля безопасности пищевой продукции, произведенной с применением пестицидов, развитие и апробация новых методических приемов многокомпонентного анализа биологически активных ингредиентов, позволяющих одновременно выполнять определение нескольких показателей в одном аналитическом образце, постоянно находятся в поле зрения аналитиков.

В аспекте многокомпонентного определения остаточных количеств пестицидов весьма распространенной на сегодняшний день является система пробоподготовки QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe — Быстро, Просто, Дешево, Эффективно, Надежно и Безопасно). Достаточный опыт работы с мультиметодами позволил выделить некоторые аспекты процедуры QuEChERS: применимость к разным матрицам, возможность извлечения разных групп соединений, высокая производительность [1].

Вместе с тем технология не позволяет определять такие высокополярные соединения, как глифосат, глюфосинат и их метаболиты, фосэтил алюминия, малеиновый гидразид, стрептомицин и касугамицин, кваты.

Ключевой частью метода QuEChERS является разделение водной и органической фаз экстракта. Естественно, с водной фазой теряются и водорастворимые высокополярные пестициды. Для их определения разработана концепция QuPPE Method (Quick Polar Pesticides Method — Быстрый метод анализа полярных пестицидов) [2].

Этот метод позволяет одновременно анализировать ряд высокополярных пестицидов. Метод включает экстракцию подкисленным метанолом и измерение ВЭЖХ–МС/МС с использованием изотопных меченых внутренних стандартов для точной количественной оценки.

Метод QuPPE не подразумевает значительную очистку от ко-экстрактивных примесей. Поэтому основное значение приобретают свойства применяемых при выполнении анализа хроматографических колонок.

Современный уровень развития сорбентов для ВЭЖХ колонок позволяет реализовывать смешанную хроматографию (multi-mode chromatography, ММС). Методология ММС, первоначально решающая задачи анализа больших молекул (протеинов) [3], предполагает использование достаточно

широкого круга лигандов, ориентированных на специфическое разделение конкретных групп аналитов и их изоляцию от ко-экстрактивных веществ. ММС имеет значительно расширенные возможности для разделения соединений, которые не удерживаются или плохо разделяются типичными методами жидкостной хроматографии, особенно для полярных и заряженных молекул. В отличие от обращенно-фазовой, ионообменной и нормально-фазовой хроматографии, в которых гидрофобное, гидрофильное и ионное взаимодействия соответственно являются доминирующими режимами, смешанный режим использует комбинацию двух или более типов взаимодействия, что и реализуется на одной колонке ММС.

Рынок пестицидов постоянно предлагает новые комплексные препараты, сочетающие соединения различной направленности. Так, один из современных продуктов содержит в качестве действующих веществ фосэтил алюминия и изотианил. Препарат рекомендуется для применения на различных плодовых и овощных культурах: картофеле, яблоках, винограде, огурцах. Кроме того, вопрос о необходимости разработки методики контроля остаточных количеств этих веществ в перечисленных видах растительной продукции является актуальным для контроля безопасности импортируемой продукции. Оптимальным с точки зрения экономии ресурсов лаборатории, сокращения сроков испытаний продукции, предназначенной для реализации в свежем виде, является подход совместного определения действующих веществ.

В данной работе была поставлена задача разработать новый подход к совместному определению фосэтил алюминия и изотианила в картофеле, яблоках, винограде, огурцах, относящихся к матрицам разных типов.

Фосэтил алюминия (алюминий трис-О-этилфосфонат) представляет собой фунгицид широкого спектра действия, быстро всасывается листьями и корнями различных культур.

Молекула фосэтил алюминия обладает низкой молекулярной массой, ионной структурой, соединением растворимо в воде, характеризуется отсутствием ультрафиолетового поглощения или флуоресценции. Поэтому традиционно в окружающей среде и продуктах питания его определяют с помощью ион-парной обращенной ВЭЖХ [4] или с использованием хроматографии на основе гидрофильного межмолекулярного взаимодействия (HILIC) колонок [6].

Изотианил (3,4-дихлор-2'-циано-1,2-тиазол-5-карбоксанилид) — сравнительно новый пестицид, активирующий растения, т. е. само вещество непосредственно не проявляет антимикробной активности против патогенного микроба, но вызывает системную приобретенную резистентность в растении-хозяине. По строению молекулы вещество характеризуется гораздо меньшей полярностью, чем фосэтил алюминия. Хорошо растворим в органических растворителях.

Для совместного определения изотианила и фосэтил алюминия был выбран метод QuPRE, поэтому тип хроматографической колонки имел решающее значение. Задачу усложняло присутствие значительных количеств ко-экстрактивных веществ — крахмала, органических кислот, микро- и макроэлементов, преимущественно водорастворимых. Поэтому в дополнение к экстракции применялось выдерживание проб при температуре не выше  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  не менее трех часов, что обеспечивало осаждение значительной части растворенных веществ и служило дополнительной защитой хроматографической колонки от загрязнения.

Анализ осуществлен с применением жидкостного хроматографа Exion AD с масс-селективным детектором Sciex QTrap 6500+.

Для хроматографирования была выбрана колонка Obelisc R ( $150 \times 2,1\text{ мм}$ ,  $5\text{ мкм}$ ,  $100\text{ \AA}$ ), позволяющая работать со значительными количествами воды в подвижной фазе, имеющая катионные группы, расположенные близко к поверхности диоксида кремния и отделенные от анионных групп гидрофобной цепью, позволяющей реализовывать несколько режимов разделения — обращенно-фазовый, HILIC и ионообменный.

Для оптимального выбора подвижной фазы были исследованы различные ее составы. Показано, что концентрация формиата аммония играет значительную роль при формировании пика фосэтил алюминия и не влияет на пик изотианила. Так, при концентрации формиата аммония в подвижной фазе  $20\text{ ммоль}$  пик фосэтил алюминия имел две вершины, при увеличении концентрации соли до  $50\text{ ммоль}$  пик стал четким и собранным. Предположительно влияние концентрации соли связано с увеличением конкуренции за растворимость в водной части подвижной фазы, что также можно считать подтверждением реализации механизма взаимодействия HILIC для фосэтил алюминия. Отсутствие такого влияния на пик изотианила говорит о взаимодействии по другому механизму, предположительно обращенно-фазовому.

Температура термостата колонок  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Режим элюирования — градиентный бинарный. Элюент А:  $50\text{ mM}$  раствор формиата аммония в воде,  $\text{pH}=3$ , элюент В: ацетонитрил. Объем вводимой пробы:  $5\text{ мм}^3$ . Тип ионизации: электроспрей. Полярность: отрицательная. Тип сканирования: мо-

нитинг множественных реакций. Были выбраны следующие масс-переходы: фосэтил алюминия 108,9/81 (количественный), 108,9/63 и 108,9/79 подтверждающие; изотианил 296/152 (количественный), 298/154 подтверждающий.

Все исследуемые объекты для приготовления образцов с внесением (картофель, виноград, яблоки, огурцы) были приобретены в розничной торговой сети.

Фрукты и овощи измельчали криогенным способом (с использованием сухого льда). Это необходимо для уменьшения деградации аналитов и уменьшения размера частиц, что приводит к улучшению однородности и доступности для экстракции остаточных количеств веществ.

Подготовка проб осуществлялась способом, описанным в [2]: взвешивали репрезентативную навеску гомогенизированного образца массой 10 г. Добавляли 10 мл метанола, содержащего 1 % муравьиной кислоты. Встряхивали на вихревом шейкере, центрифугировали и фильтровали надосадочную жидкость через шприцевой фильтр с размерами пор 0,45 мкм в виалу для дальнейшего анализа. Перед приготовлением образцов с внесением все матрицы были проанализированы для доказательства отсутствия искомым аналитов.

Был оценен матричный эффект для фосэтил алюминия и изотианила для каждого вида исследуемой продукции (картофель, виноград, яблоки, огурцы). Калибровка на матрице выполняется в случае подавления или усиления сигнала более чем на 20 %. Так, для различных матриц этот эффект составил: для картофеля — 65 %, для яблок и винограда — 60 %, для огурцов — 5 %. Поэтому для анализируемых продуктов была выполнена калибровка на матрице, кроме огурцов, результаты определения в пробах которых рассчитывались по абсолютной калибровке (на растворителе).

В навески измельченных проб вносили различные количества смеси пестицидов, соответствующие концентрациям от 0,01 до 0,1 мг/кг. Нижний предел количественного определения фосэтила алюминия и изотианила в пробах — 0,01 мг/кг.

Случайная погрешность определялась на основании 5 параллельных измерений при внесении определенного количества веществ в образец в 4 точках по диапазону линейности определяемых концентраций (по 5 повторностей для каждой концентрации,  $P=0,95$ ).

Средняя степень извлечения пестицидов и среднеквадратичное отклонение приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Средняя степень извлечения пестицидов и среднеквадратичное отклонение

Матрица	Фосэтил алюминия (n = 20; P = 0,95)		Изотианил (n = 20; P = 0,95)	
	Средняя степень извлечения, %	Среднеквадратичное отклонение, %	Средняя степень извлечения, %	Среднеквадратичное отклонение, %
Картофель	77	3,1	81	2,9
Виноград (ягоды)	74	1,7	76	2,9
Виноград (сок)	77	3,6	83	2,7
Яблоки	75	3,4	78	2,6
Огурцы	99	6,4	90	10,5

Показатель точности (в виде расширенной неопределенности) находится в границах  $\pm 50\%$  ( $P=0,95$ ).

Таким образом, показана возможность расширения области применения метода QuPPE, в том числе для анализа пестицидов, традиционно анализируемых с помощью методологии QuEChERS, для совместного извлечения и определения пестицидов различной химической природы благодаря одновременной реализации нескольких механизмов взаимодействия с неподвижной фазой хроматографической колонки.

## Литература

1. QuEChERS sample preparation for the determination of pesticides and other organic residues in environmental matrices: a critical review / M. C. Bruzzoniti [et al.] // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. — 2014. — Vol. 406 (17). — P. 4089–4116.

2. Quick Method for the Analysis of Highly Polar Pesticides in Food Involving Extraction with Acidified Methanol and LC- or IC-MS/MS Measurement I. Food of Plant Origin (QuPPE-PO-Method) [Electronic resource]. — Mode of access: [EurlSrm\\_meth\\_QuPPE\\_PO\\_V12.pdf](http://eurl-srm-meth-QuPPE_PO_V12.pdf) ([eurl-pesticides.eu](http://eurl-pesticides.eu)). — Date of access: 25.08.2022.

3. Kallberg, K. Multimodal chromatography: An efficient tool in downstream processing of proteins / K. Kallberg, H.-O. Johansson, L. Bulow // *Biotechnology Journal*. — 2012. — Vol. 7, iss. 12. — P. 1485–1495.

4. Determination of fosetyl-aluminium by ion-pair reversed phase-high performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection / F. Zhixian [et al.] // *Se Pu*. — 2009. — Vol. 27, iss. 6. — P. 849–851.

5. Determination of Fosetyl Aluminium Fungicide Residues in Garlic using HPLC Method / N.R. Tentu [et al.] // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. — 2017. — Vol. 6, iss. 2. — P. 231–238.

Поступила 31.08.2022

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Капелько И.М., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Крымская Т.П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Важное место в системе государственного санитарного надзора занимает контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Он проводится для установления соответствия фактических концентраций опасных загрязнителей в воздухе рабочей зоны их предельно допустимым концентрациям (далее — ПДК) и ориентировочно безопасным уровням воздействия, что позволяет предупредить возможное превышение ПДК и обеспечивает безопасные условия труда людей. Одними из часто контролируемых в воздушном пространстве промышленных предприятий веществ являются сернистый, фосфорный, хромовый ангидриды, оксиды азота, аммиак, фенол, хлор, аэрозоль серной кислоты, едкие щелочи, озон, ацетальдегид.

До недавнего времени лаборатории Республики Беларусь, осуществляющие контроль воздуха рабочей зоны (в том числе лаборатории центров гигиены и эпидемиологии), для определения концентраций данных веществ использовали методики 1977–1988 гг. разработки с неустановленными метрологическими характеристиками. Данные методики основаны на фотометрических и нефелометрических методах исследования и могут быть реализованы во многих лабораториях благодаря их простоте и доступности оборудования. Однако действующее законодательство в области обеспечения единства измерений [1] и международный стандарт ISO/IEC 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» предъявляют требования к установлению и подтверждению метрологических характеристик применяемых методов испытаний и измерений.

Целью работы являлась разработка методик определения фосфорного, хромового, сернистого ангидридов, аммиака, диоксида азота, серной кислоты, едких щелочей, фенола, хлора, озона колориметрическим методом и ацетальдегида методом газовой хроматографии в воздухе рабочей зоны с последующей аттестацией.

Исследования проводились с использованием фотоэлектрических концентрационных колориметров типа КФК-2-УХЛ4.2 и КФК-3-01-«ЗОМЗ». Отбор проб осуществлялся автоматическим пробоотборником воздуха типа ОП-442 ТЦ.

При определении в воздухе рабочей зоны фосфорного и хромового ангидридов, серной кислоты, едкой щелочи отбор проб проводили на фильтры АФА-ВП. При анализе сернистого ангидрида, аммиака, диоксида азота, фенола, хлора, озона концентрирование аналитов осуществляли с использованием поглотительных приборов с пористой пластинкой.

Метод измерения фосфорного ангидрида основан на экстракции его с фильтров дистиллированной водой, взаимодействии образовавшейся фосфорной кислоты с молибдатом аммония в присутствии восстановителя (аскорбиновой кислоты) и фотометрическом определении по комплексному соединению, окрашенному в синий цвет.

Метод измерения хромового ангидрида основан на экстракции его с фильтров дистиллированной водой, взаимодействии с дифенилкарбазидом в кислой среде и фотометрическом определении по соединению, окрашенному в красно-фиолетовый цвет.

Принцип метода определения сернистого ангидрида основан на его окислении перекисью водорода до серной кислоты при отборе проб воздуха и измерении интенсивности помутнения пробы,

содержащей сульфат-ионы, при взаимодействии с хлоридом бария. Для стабилизации образующейся суспензии в реакционную смесь вводят этиленгликоль, а для понижения растворимости — этиловый спирт.

Принцип метода определения аммиака основан на его взаимодействии с реактивом Несслера с образованием окрашенного в желто-бурый цвет комплексного соединения (йодида димеркураммония).

Метод определения диоксида азота основан на взаимодействии диоксида азота с реактивом Грисса — Илосвая с образованием окрашенного в красно-розовый цвет комплексного соединения.

Метод определения серной кислоты основан на измерении интенсивности помутнения пробы, содержащей сульфат-ионы, при взаимодействии с хлоридом бария. Для стабилизации образующейся суспензии в реакционную смесь вводят этиленгликоль, а для понижения растворимости — этиловый спирт.

Принцип метода определения едких щелочей основан на их взаимодействии с соляной кислотой, избыток которой удаляется упариванием, взаимодействии образовавшихся хлоридов с роданидом ртути и ионами железа III в растворах уксусной и хлорной кислот с последующим фотометрическим измерением окрашенного продукта реакции.

Принцип метода определения фенола основан на его взаимодействии с диазотированным паранитроанилином в щелочной среде с последующим фотометрическим измерением окрашенного продукта реакции.

Метод определения хлора основан на его взаимодействии с йодидом калия в крахмальном растворе с выделением йода и последующим фотометрическим измерением окрашенного продукта реакции.

Метод определения озона основан на его реакции с йодистым калием с выделением йода, который образует окрашенный продукт с солянокислым диметил-п-фенилендиамином.

При разработке методик устанавливались показатели прецизионности и правильности. Показатели прецизионности (повторяемости и промежуточной прецизионности) определялись в соответствии с СТБ ИСО 5725–2–2002. Определение смещения осуществлялось согласно СТБ ИСО 5725–4–2002. Параметры градуировочной характеристики рассчитывались методом наименьших квадратов [2].

В качестве средств аттестации (образцов для исследования) методик были использованы модельные пробы:

- стандартные растворы с различным содержанием анализируемого вещества для установления градуировочных характеристик;
- отобранные пробы воздуха, содержащие анализируемое вещество, для оценки показателей прецизионности;
- фильтры с нанесенным раствором точной массовой концентрации определяемого вещества для оценки показателя правильности.

Расчет неопределенности измерений проводили в соответствии с [3–5].

Исходя из вышеописанных методов анализа определяемых веществ измерение их массовых концентраций включает следующие операции:

- отбор проб воздуха на фильтр (поглотительный раствор);
- экстракция аналитов с фильтра в дистиллированную воду (операция только для определения фосфорного и хромового ангидридов, серной кислоты, щелочи);
- обработка пробы;
- измерение оптической плотности.

Для количественного измерения массовой концентрации определяемого вещества предварительно строят градуировочную характеристику, применяя растворы с заданным содержанием.

Модель измерения для всех определяемых веществ можно записать в следующем виде:

$$X = \frac{G \times V_1}{V_2 \times V} \times \frac{F}{\text{Rec}}, \quad (1)$$

где  $G$  — содержание определяемого вещества, найденное по градуировочному графику, мкг;

$V_1$  — общий объем пробы, см<sup>3</sup>;

$V_2$  — объем пробы, взятый для анализа, см<sup>3</sup>;

$V$  — объем воздуха, отобранный для анализа и приведенный к стандартным условиям, дм<sup>3</sup>;

$F$  — поправочный множитель, учитывающий разброс показаний от измерения к измерению, в относительных единицах, значение оценки;

$\text{Rec}$  — извлечение метода в относительных единицах, значение оценки.

Значение оценки поправочных множителей  $F$  и  $Res$  предполагают равным 1.

За результат измерения принимается среднее арифметическое двух параллельных проб, отобранных в одной точке.

Исходя из модели измерений и анализа измерительной процедуры были выделены следующие источники неопределенности массовой концентрации для каждого из определяемых веществ в пробе воздуха:

1) градуировочная характеристика, т.е. случайные колебания при измерении оптической плотности, которые оказывают влияние как на отклики при проведении градуировки, так и на измеряемый отклик  $G$ ;

2) градуировочная характеристика, т.е. случайные эффекты, результатом которых являются погрешности приписанных исходных значений массовой концентрации фосфорного ангидрида в градуировочных растворах;

3) объем исследуемого воздуха;

4) общий объем пробы;

5) объем пробы, взятый для анализа;

6) возможные расхождения между параллельными измерениями (фактор сходимости);

7) извлечение метода измерений.

Для оценки максимального значения неопределенности берется максимальное значение каждой из составляющих.

Относительная расширенная неопределенность измерений массовой концентрации вещества в пробе воздуха рассчитывается через умножение относительной суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата (далее —  $k$ ), выбранный в предположении нормального распределения измеряемой величины.

Рабочие характеристики и показатели точности методик измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Диапазон измерений концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны, значения предела повторяемости, предела промежуточной прецизионности, относительной расширенной неопределенности при доверительной вероятности  $P=0,95$ ;  $k=2$

Определяемое вещество	Диапазон измерений, мг/м <sup>3</sup>	Предел повторяемости $r$ , %	Предел промежуточной прецизионности $R_{1(ст0)}$ , %	Относительная расширенная неопределенность $U(X)$ , %
Фосфорный ангидрид	от 0,20 до 2,0 при отборе 50 дм <sup>3</sup> воздуха	25	32	32
Хромовый ангидрид	от 0,01 до 0,05 при отборе 100 дм <sup>3</sup> воздуха	25	34	38
Сернистый ангидрид	от 3,0 до 30,0 при отборе 2 дм <sup>3</sup> воздуха	25	32	35
Аммиак	от 5,0 до 50,0 при отборе 2 дм <sup>3</sup> воздуха	22	35	25
Диоксид азота	от 0,6 до 6,0 при отборе 1 дм <sup>3</sup> воздуха	22	34	25
Серная кислота	от 0,5 до 4,0 при отборе 30 дм <sup>3</sup> воздуха	23	38	23
Едкие щелочи	от 0,25 до 2,50 при отборе 100 дм <sup>3</sup> воздуха	23	37	25
Фенол	от 0,12 до 2,40 при отборе 2 дм <sup>3</sup> воздуха	28	33	24
Хлор	от 0,5 до 3,0 при отборе 1 дм <sup>3</sup> воздуха	25	32	22
Озон	от 0,05 до 0,25 при отборе 16 дм <sup>3</sup> воздуха	20	29	21,4

Из таблицы 1 видно, что предел повторяемости для всех анализируемых веществ, за исключением фенола, не превышает 25 %, пределы промежуточной прецизионности варьируют в пределах 29–38 %, относительная расширенная неопределенность составляет 21,4–25,0 %, за исключением хромового, фосфорного и сернистого ангидридов, у которых она выше.

Несмотря на доступность и простоту фотометрических методов определения, они не всегда характеризуются хорошей специфичностью и чувствительностью. Хроматографические методы анализа в этой связи обладают несомненным преимуществом.

Разработана методика определения ацетальдегида в воздухе рабочей зоны хроматографическим методом.

Согласно разработанной методике концентрирование ацетальдегида из пробы воздуха проводят в поглотительный раствор (дистиллированную воду). Для этого воздух с объемным расходом 0,25 дм<sup>3</sup>/мин аспирируют автоматическим пробоотборником в течение 10 мин. через три последовательно соединенных поглотительных прибора, содержащих по 5 см<sup>3</sup> кипяченой охлажденной дистиллированной воды каждый. Во время отбора проб воздуха поглотительные приборы охлаждают, помещая в емкости, заполненные смесью воды со льдом, что позволяет избежать возможных потерь легколетучего ацетальдегида при аспирировании воздуха. В лаборатории каждый из поглотительных растворов переносится в специальные виалы для парофазного анализа, содержащие по 1 г безводного сульфата натрия. Добавление безводного сульфата натрия обеспечивает лучший переход ацетальдегида из водной фазы в газообразную.

Определение ацетальдегида проводят с использованием парофазного газохроматографического анализа. Установлены условия работы дозатора равновесного пара: время термостатирования виалы с пробой при 80 °С составляет 40 мин.; наддув виалы осуществляется в течение 5 мин.; избыточное давление в виале должно поддерживаться на уровне 0,07 МПа; температура крана-дозатора должна составлять 135 °С; отбор пробы проводится в течение 10 сек.; объем вводимой дозы равновесного пара составляет 2 см<sup>3</sup>.

Условия хроматографического анализа следующие: температура пропорционально-интегрально-дифференцирующего регулятора и испарителя — 250 °С; нагревание капиллярных колонок должно происходить в градиентном режиме: температура 1-го изотермического участка составляет 45 °С, его длительность — 6 мин., при этом скорость программирования температуры устанавливается на уровне 70 °С/мин, температура 2-го изотермического участка — 220 °С, его длительность — 3 мин.; давление на входе в колонку составляет 52,6 кПа; расход газа-носителя на поддув детектора происходит со скоростью 40 см<sup>3</sup>/мин; расход водорода — со скоростью 40 см<sup>3</sup>/мин, расход воздуха — 400 см<sup>3</sup>/мин; общее время анализа составляет 11,5 мин.

Массовую концентрацию ацетальдегида в воздухе рабочей зоны устанавливают методом абсолютной калибровки. Линейность методики определяют на 5 уровнях концентраций ацетальдегида в воде (0,5; 1,25; 2,5; 4,0 и 5,0 мкг/см<sup>3</sup>) в 5 сериях. Коэффициент корреляции между площадями пика ацетальдегида и соответствующими им концентрациями вещества в водных стандартных растворах составляет не менее 0,997, что свидетельствует о линейности методики в указанном диапазоне концентраций. Контроль градуировочного графика проводят по второй точке, для которой относительное стандартное отклонение составляет 1,83 %. В итоге норматив стабильности градуировочного графика равен 3,8 %.

При разделении ацетальдегида на капиллярной колонке ZB-Wax время удерживания водного раствора ацетальдегида (при вводе 2 см<sup>3</sup>) составило 4,321 мин., а на колонке DB-624—4,736 мин. Установленные условия хроматографирования позволяют получать пики ацетальдегида со стабильным временем удерживания (относительное стандартное отклонение времени удерживания для пиков ацетальдегида при разделении на двух колонках не превышает 0,14 %).

При разработке методики устанавливались показатели прецизионности и правильности. Правильность метода оценивали показателем степени извлечения. Изучали степень извлечения ацетальдегида из воздуха рабочей зоны в поглотительный раствор в процессе внутривлабораторных исследований в условиях повторяемости путем измерения проб, отобранных на поглотительный раствор с известной добавкой ацетальдегида. Предел повторяемости разработанной методики выполнения измерений составляет 17,6 %, предел промежуточной прецизионности — 22,4 %, относительная расширенная неопределенность — 15 % при доверительной вероятности  $P=0,95$ ;  $k=2$  степень извлечения вещества — 99,2 % в диапазоне измерений массовых концентраций ацетальдегида в воздухе рабочей зоны от 1,0 до 10,0 мг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать методики определения вредных веществ в воздухе рабочей зоны с установленными метрологическими характеристиками, что дает возможность минимизации получения недостоверных результатов, обеспечения единства измерений при практическом применении аттестованных методик.

## Литература

1. Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. № 3848-ХІІ «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19503848>. — Дата доступа: 05.09.2022.
2. Физико-химические методы анализа: практ. рук. / под ред. В.Б. Алесковского. — Л.: Химия, 1988. — 373 с.
3. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях: руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. — СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2002. — 149 с.
4. Ефремова, Н.Ю. Примеры оценивания неопределенностей из различных областей измерений и испытаний / Н.Ю. Ефремова, С.А. Качур. — Минск: БелГИМ, 2006. — 60 с.
5. Руководство по выражению неопределенности измерения. — СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1999. — 134 с.

Поступила 06.09.2022

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ, КОНСЕРВАНТОВ И ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ В АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДАМИ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Кекина Е.Г., к. б. н., доцент, [lentaegk@yandex.ru](mailto:lentaegk@yandex.ru),  
Егорова М.В., к. б. н., доцент, [mvegorova@yandex.ru](mailto:mvegorova@yandex.ru),  
Щербаков П.А., [stalmai@gmail.com](mailto:stalmai@gmail.com),  
Гордо Г.Н., к. м. н., доцент, [ogrtaro@mail.ru](mailto:ogrtaro@mail.ru)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, Россия

Алкогольная продукция — это достаточно сложная категория пищевых продуктов, которая состоит из множества ингредиентов. Для того, чтобы получить всестороннюю оценку качества алкогольных изделий, необходимо проведение их физико-химической и органолептической оценки. Известно, что на российском рынке нередко встречается фальсифицированная продукция, для изготовления которой может быть использован этиловый спирт низкого качества, а также гидролизный и синтетический. В связи с этим в готовом продукте могут присутствовать различные вещества, определение содержания которых не предусмотрено действующими государственными стандартами на пищевой спирт, но которые оказывают влияние не только на вкусовые качества изделия, но и на здоровье человека. Среди таких показателей могут быть метанол, сивушные масла, консерванты, подсластители, органические кислоты в избыточном количестве. Содержание основных ингредиентов и возможных добавок регламентировано в Технических регламентах Евразийского экономического союза для различных типов алкогольных напитков.

По содержанию сахара вина классифицируют по ГОСТ 32030–2013 на сухие, где содержание сахара составляет до 4 г/дм<sup>3</sup>, полусухие — от 4 до 18 г/дм<sup>3</sup>, полусладкие — от 18 до 45 г/дм<sup>3</sup> и сладкие, или ликерные вина — более 45 г/дм<sup>3</sup> соответственно. Водки представляют собой крепкие спиртные напитки, полученные обработкой активным углеродом водно-спиртового раствора крепостью 40–45 % с добавлением различных ингредиентов (сахар, инвертный сахар, мед, лимонная кислота, перманганат калия, гидрокарбонат натрия, ацетат натрия и др.) или без них с последующей фильтрацией [5]. Вкус водок зависит не только от количества и качества спирта и воды, но также от количества и характера ингредиентов, добавляемых в некоторые виды водок.

На сегодняшний день наиболее распространены два метода определения консервантов, подсластителей и органических кислот. Это метод капиллярного электрофореза [3] и метод высокоэффективной жидкостной хроматографии [4]. Метод капиллярного электрофореза основан на миграции и разделении анионных или катионных форм анализируемых компонентов под действием электрического поля вследствие их различной электрофоретической подвижности. Для детектирования компонентов используется собственное поглощение в ультрафиолетовой области спектра. Метод хрома-

тографии основан на применении обращенно-фазной высокоэффективной жидкостной хроматографии для разделения смеси органических кислот на колонке в режиме изократического элюирования. Идентификацию и количественное определение кислот осуществляют с помощью диодно-матричного или спектрофотометрического детектора в ультрафиолетовой области спектра при длине волны 220 нм.

Целью работы являлась оценка эффективности применения методов капиллярного электрофореза (далее — КЭФ) и жидкостной хроматографии (далее — ВЭЖХ), а также выявление контрафактной продукции, не соответствующей показателям качества и безопасности: подсластителей, органических кислот и консервантов в отдельных видах алкогольной продукции: сухих, столовых, шампанских, ликерных винах и водках.

В качестве объектов исследования была отобрана продукция разных заводов-производителей из магазинов розничной торговли, по 10 бутылок каждого вида алкогольного напитка: сухих вин, столовых вин, шампанских вин, ликерных вин и водочной продукции. При этом выбирались напитки разной ценовой категории.

Измерения проводились по методикам, включенным в перечень Технических регламентов Евразийского экономического союза. В винах определяли наличие консервантов: сорбиновую и бензойные кислоты, а также подсластители: сахаринат натрия и ацесульфам калия. Во всех видах вин определяли концентрацию органических кислот. Водочную продукцию исследовали только на наличие подсластителей и органических кислот.

Исследования были проведены методом КЭФ на приборе «Капель-105 М» по стандартной методике [3]. С целью сравнения результатов анализа органических кислот применен метод ВЭЖХ с помощью прибора ProminenceInertLC-20 по методике [4]. Статистическая обработка была проведена с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты исследований представлены в таблицах 1–4. Исследование столовых вин показало отсутствие консервантов во всех образцах: концентрации бензойной и сорбиновой кислот были менее 10 мг/дм<sup>3</sup>, поэтому они не представлены в таблице 1. Сорбиновая кислота обнаружена только в образце № 1 в концентрации (172 ± 48) мг/дм<sup>3</sup>, что не превышает ПДК для сорбиновой кислоты (300 мг/кг). В образцах ликерных вин №№ 1–3, 7–10 были выявлены ацесульфам калия с интервалом концентраций от (15 ± 3) до (36 ± 7) мг/дм<sup>3</sup>, что на порядок ниже ПДК. В образцах тех же ликерных вин были определены сахаринат натрия с интервалом концентраций (18 ± 2)–(63 ± 8) мг/дм<sup>3</sup>, что также не превышало установленный норматив контроля 80 мг/кг. Следует обратить внимание на несоответствие размерных единиц в нормативном документе и в методике. Норматив контроля для консервантов и подсластителей представлен в мг/кг, тогда как размерные единицы измерения методики даны мг/дм<sup>3</sup>. Исключением является норматив содержания янтарной кислоты в водке, для которого размерность величин совпадает с методикой измерения. В данном случае вопрос приведения размерных единиц к единой форме требует отдельного обсуждения.

Таблица 1 – Содержание лимонной кислоты, сахарината натрия и ацесульфама калия в ликерных винах, мг/дм<sup>3</sup>, методом КЭФ

Показатель	Вино плодое, образец № 1	Вино, образец № 2	Вино, образец № 3	Вино, образцы №№ 4, 5	Вино, образцы №№ 6, 7	Вино, образцы №№ 8, 9	Вино, образцы № 10
Лимонная кислота	918 ± 184	570 ± 114	378 ± 76	668 ± 134 558 ± 112	878 ± 176 325 ± 65	353 ± 71 418 ± 84	366 ± 73
Сахаринат натрия	63 ± 8	22 ± 3	48 ± 6	< 10* < 10*	43 ± 5 < 10*	< 10* < 10*	18 ± 2
Ацесульфам калия	24 ± 5	33 ± 7	33 ± 7	< 10* < 10*	32 ± 6 < 10*	15 ± 3 < 10*	36 ± 7
* предел обнаружения методики.							

Наличие лимонной кислоты в этих же ликерных винах находилось в интервале от (353 ± 71) до (918 ± 184) мг/дм<sup>3</sup>. При этом максимальное содержание лимонной кислоты было обнаружено в образце № 1 (плодовое вино). Лимонная кислота в винограде содержится в небольшом количестве, но часто преобладает в некоторых фруктах и ягодах. Зачастую вино подвергается молочнокислому брожению, и тогда вино приобретает уксусный запах. Для того чтобы вино осветлилось и стабилизировалось, а также для предотвращения молочнокислого брожения в него добавляют молочную кислоту [2].

Содержание лимонной кислоты имеет особое значение для оценки качества сухих и шампанских вин, в которых оно не должно превышать ПДК в 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

В исследованных шампанских винах содержание лимонной кислоты не превышало ПДК, а концентрация лимонной кислоты находилась в диапазоне концентраций (420 ± 84)–(870 ± 174) мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 2 — Содержание лимонной и сорбиновой кислот в шампанских, сухих, полусухих и столовых винах методом КЭФ, мг/дм<sup>3</sup>

Показатель	Вино плодое, образец № 1	Вино, образец № 2	Вино, образец № 3	Вино, образцы №№ 4, 5	Вино, образцы №№ 6, 7	Вино, образцы №№ 8, 9	Вино, образцы № 10
Шампанские вина							
Лимонная кислота	640 ± 128	420 ± 84	550 ± 110	520 ± 104 612 ± 122	610 ± 122 455 ± 110	870 ± 174 408 ± 82	670 ± 134
Сухие, полусухие вина							
Лимонная кислота	871 ± 174	438 ± 88	465 ± 100	758 ± 152 526 ± 105	920 ± 184 807 ± 161	775 ± 155 632 ± 126	520 ± 104
Сорбиновая кислота	158 ± 44	99 ± 20	163 ± 33	180 ± 36 120 ± 24	150 ± 30 88 ± 18	120 ± 24 156 ± 31	142 ± 28
Столовые вина (красные и белые)							
Лимонная кислота	720 ± 144	650 ± 130	781 ± 156	250 ± 50 425 ± 85	453 ± 91 541 ± 108	520 ± 104 741 ± 148	711 ± 142

В исследованных шампанских винах содержание лимонной кислоты не превышало ПДК, а концентрация лимонной кислоты находилась в диапазоне концентраций (420 ± 84)–(870 ± 174) мг/дм<sup>3</sup>.

Для исследованных полусухих, сухих, столовых вин концентрация лимонной кислоты составила (250 ± 104)–(871 ± 174) мг/дм<sup>3</sup> соответственно (таблица 2). Для всей винодельческой продукции лимонная кислота не относится к показателю безопасности, скорее всего, ее можно отнести к показателю качества.

В силу частичного применения документа по определению консервантов на территории РФ и отсутствия методики по определению подсластителей методами ВЭЖХ в алкогольной и слабоалкогольной продукции сравнение двух методов исследования проведено только по органическим кислотам. Существенных различий в количественных результатах анализа органических кислот приведенной выше продукции не наблюдалось (таблица 3). Два метода определения органических кислот для вин основаны на разбавлении пробы в 2–50 раз. Отличия использованных методов состояли только в пробоподготовке, где для методики ВЭЖХ предусмотрена предварительная очистка образца с помощью катриджей твердофазовой экстракции, а для метода капиллярного электрофореза после разбавления основной пробы предусмотрена подготовка проб в виде центрифугирования пробы при высоких частотах, 5000–6000 оборотов в минуту. В процессе исследования отмечена хорошая сопоставимость результатов двух методов для определения органических кислот в вино-водочной продукции с показателем воспроизводимости R < 10%.

Таблица 3 — Содержание лимонной кислоты в шампанских, сухих, полусухих и столовых винах методом ВЭЖХ, мг/дм<sup>3</sup>

Показатель	Вино, образец № 1	Вино, образец № 2	Вино, образец № 3	Вино, образцы №№ 4, 5	Вино, образцы №№ 6, 7	Вино, образцы №№ 8, 9	Вино, образцы № 10
Шампанские вина							
Лимонная кислота	634 ± 82	415 ± 54	550 ± 72	518 ± 57 710 ± 92	603 ± 79 520 ± 68	865 ± 112 825 ± 107	655 ± 86 970 ± 126
Сухие, полусухие вина							
Лимонная кислота	864 ± 112	444 ± 58	462 ± 60	763 ± 99 620 ± 81	920 ± 120 450 ± 59	770 ± 100 500 ± 65	510 ± 668 65 ± 112
Столовые, ликерные вина (красные и белые)							
Лимонная кислота	714 ± 93	650 ± 85	771 ± 100	254 ± 33 330 ± 43	450 ± 59 539 ± 70	519 ± 67 698 ± 91	420 ± 55 678 ± 88

Все исследованные образцы водки укладывались в нормативы контроля по янтарной кислоте и были менее 100 мг/дм<sup>3</sup>. Этот показатель колебался в интервале от (8 ± 2)–(83 ± 17) мг/дм<sup>3</sup> (таблица 4).

Таблица 4 – Содержания янтарной кислоты в водке методом КЭФ, мг/дм<sup>3</sup>

Показатель	Водка, образец № 1	Водка, образец № 2	Водка, образец № 3	Водка, образцы №№ 4, 5	Водка, образцы №№ 6, 7	Водка, образцы №№ 8, 9	Водка, образец № 10
Янтарная кислота	28,0 ± 5,6	23,0 ± 4,6	15,7 ± 3,1	17,5 ± 3,5 7,7 ± 1,5	13,5 ± 2,7 53,2 ± 10,6	69 ± 14 74 ± 15	83 ± 17

Вероятно, янтарная кислота присутствует как побочный продукт реакции брожения спирта, а не в качестве добавленной извне как кислоты-консерванта. Янтарная кислота является побочным продуктом спиртового брожения. Она образуется дрожжами из глютаминовой кислоты за счет деаминации и декарбонирования. Ее содержание в сухих винах колеблется в пределах 0,24–1,5 г/дм<sup>3</sup>, в среднем около 1,0 г/дм<sup>3</sup>. В крепких алкогольных напитках ее обычно меньше, примерно пропорционально количеству сброженных сахаров [1]. Кроме того, данная водочная продукция была исследована на содержание подсластителей: сахарината натрия и ацесульфама калия. Перечисленные подсластители в водке отсутствовали, поэтому не были представлены в таблице 4. Эти результаты показывают, что на производстве при технологическом процессе пищевые добавки не использовались.

Таким образом, исследование на наличие консервантов в отобранной продукции показало отсутствие бензойной кислоты. Содержание сорбиновой кислоты в исследованных винах не превышало ПДК. Лимонная кислота содержалась во всей винной продукции, но при этом также не превышала норматив контроля. Больше ее содержание отмечено в шампанских винах, что, вероятно, связано с технологией производства этой продукции. Обнаруженную в водке янтарную кислоту можно оценить как побочный промежуточный продукт, связанный с технологией производства.

Для сравнительной оценки применения методов КЭФ и ВЭЖХ по определению показателей качества и безопасности необходимо наличие действующего документа на территории РФ по определению консервантов и подсластителей в алкогольной и слабоалкогольной продукции методом ВЭЖХ. Наличие методики для алкогольной и слабоалкогольной продукции позволит расширить показатели безопасности, поможет выявить нарушения, связанные с технологическим процессом, и в целом повысит эффективность оценки качества и безопасности данной продукции.

## Литература

1. *Аристова, Н.И.* Определение основных органических кислот в различных типах вин после проведения технологических приемов / Н.И. Аристова, Г.П. Зайцев, Д.А. Панов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2017. — Т. 3(69), № 3. — С. 249–256.
2. *Викуль, С.И.* Характеристика, нормы содержания и особенности определения органических кислот в винах / С.И. Викуль, И.В. Мельник // Напитки. Технологии и инновации. — 2015. — № 1–2. — С. 42–43.
3. Напитки алкогольные и безалкогольные. Определение кофеина, аскорбиновой кислоты и ее солей, консервантов и подсластителей методом капиллярного электрофореза: ГОСТ Р 53193–2008. — Введ. РФ 01.01.2010. — М.: Стандартинформ, 2010. — 14 с.
4. Продукция безалкогольная, слабоалкогольная, винодельческая и соковая. Определение содержания органических кислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: ГОСТ 33410–2015. — Введ. РФ 01.07.2017. — М.: Стандартинформ, 2016. — 21 с.
5. *Полыгалина, Г.В.* Основы дегустации и сертификации водок и ликеро-водочных изделий / Г.В. Полыгалина, И.И. Бурачевский. — М.: Колос, 1999. — 48 с.

Поступила 05.09.2022

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ ВОДНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ВЫТЯЖЕК ИЗ ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫТЯЖЕК НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ МИГРАЦИИ Е-КАПРОЛАКТАМА

Крымская Т. П., *chromatographic@rspch.by*,  
Грекова Н. А., *deti@rspch.by*,  
Шарамков В. А., *nmio@rspch.by*,  
Федоренко Е. В., к. м. н., доцент, *rspch@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Одним из важнейших этапов санитарно-химических исследований при проведении контроля соответствия товаров народного потребления, продукции, предназначенной для детей, игрушек, средств индивидуальной защиты, мебельной продукции, медицинских изделий требованиям гигиенической безопасности, регламентируемым техническими регламентами Таможенного союза Евразийского экономического союза (далее — ТС ЕАЭС) и национального законодательства, является моделирование вытяжек из образцов данной продукции для проведения испытаний. Соблюдение определенных требований при подготовке вытяжек из образцов продукции является одним из определяющих условий для получения достоверных результатов.

Оптимальные условия режимов моделирования (насыщенность, температура, время экспозиции) водных и воздушных вытяжек для последующего определения химических веществ из образцов продукции, требования к которой регламентированы техническими регламентами ТС ЕАЭС: ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков», ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек», ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности», ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты», ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции», ТР ТС 042/2017 «О безопасности оборудования для детских игровых площадок», гигиеническими нормативами, утвержденными Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37, были обоснованы с учетом:

- потенциального негативного влияния веществ, мигрирующих из продукции, на организм человека;
- наибольшего соответствия условий моделирования естественным условиям эксплуатации испытываемой продукции;
- наличия нормативно-методических документов, устанавливающих режимы моделирования водных и воздушных вытяжек, в перечнях стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, необходимых для применения и исполнения требований соответствующих технических регламентов;
- длительного практического опыта использования в испытательных лабораториях;
- приемлемости для использования в испытательных лабораториях различного уровня.

При разработке методики измерений е-капролактама [1] нами был проведен анализ «Перечня документов в области стандартизации, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения ТР ТС 007/2011 и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции», утвержденного Решением Комиссии Таможенного союза от 23.09.2011 № 797 (в редакции Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 27.11.2012 № 239), который показал отсутствие нормативно-методических документов, регламентирующих условия приготовления вытяжек из исследуемых образцов, по целому ряду объектов испытаний [2].

Перечень используемых в практике лабораторий, утвержденных в установленном порядке технических нормативных правовых актов (далее — ТНПА), регламентирующих условия приготовления водных и воздушных вытяжек из образцов продукции, представлен в таблице 1.

При проведении сравнительного анализа перечисленных в таблице 1 ТНПА, устанавливающих методологию приготовления вытяжек, были выявлены существенные различия в условиях моделирования образцов. Требования к моделированию различных объектов испытания в соответствии с различными ТНПА представлены в таблице 2.

Таблица 1 — ТНПА, регламентирующие условия приготовления водных и воздушных вытяжек из образцов в соответствии с Перечнями технических регламентов ТС ЕАЭС

Технические регламенты ТС ЕАЭС	ТНПА, регламентирующие условия приготовления	
	водных вытяжек из образцов	воздушных вытяжек из образцов
ТР ТС 007/2011	Инструкция по применению № 016–1211 «Методы оценки гигиенической безопасности отдельных видов продукции для детей»	
	Инструкция 1.1.10–12–96–2005 «Гигиеническая оценка тканей, одежды и обуви» (в части одежды, изделий из текстильных материалов, обуви)	
	ГОСТ 50962–96 «Посуда и изделия хозяйственного назначения из пластмасс. Общие технические условия»	—*
	Инструкция 4.1.10–15–92–2005 «Санитарно-химические исследования резин и изделий из них, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами» (в части посуды и столовых приборов из пластмассы)	—*
ТР ТС 008/2011	Инструкция по применению № 016–1211 «Методы оценки гигиенической безопасности отдельных видов продукции для детей»	
	МУК 4.1/4.3.2038–05 «Санитарно-эпидемиологическая оценка игрушек» (в части условий моделирования для игрушек со сложной конфигурацией)	—*
ТР ТС 017/2011	Инструкция 1.1.10–12–96–2005 «Гигиеническая оценка тканей, одежды и обуви»	
ТР ТС 019/2011	МУ 11–11–15 РБ 02 «Порядок и организация проведения гигиенической экспертизы производственной и специальной одежды. Показатели гигиенической безопасности и методы определения»	
ТР ТС 025/2012	—*	ГОСТ 30255–2014 «Мебель, древесные и полимерные материалы. Метод определения выделения формальдегида и других вредных летучих химических веществ в климатических камерах»
ТР ЕАЭС 042/2017	Инструкция по применению № 016–1211 «Методы оценки гигиенической безопасности отдельных видов продукции для детей»	Инструкция 2.1.2.10–12–38–2006 «Гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих материалов, изделий и конструкций, предназначенных для применения в промышленном и гражданском строительстве»
* не содержат требований на данные виды продукции.		

В качестве эксперимента на базе лаборатории хроматографических исследований республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» были апробированы различные методы моделирования и пробоподготовки образцов, приведенные в вышеперечисленных ТНПА, с дальнейшим определением уровня миграции е-капролактама по методике измерений [1]. Нами проведены санитарно-химические испытания 11 образцов изделий легкой промышленности детского и взрослого ассортимента по показателю «уровень миграции е-капролактама в водную модельную среду» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Приготовление вытяжек из каждого образца проводилось двумя вышеуказанными способами в соответствии с МУК 4.1/4.3.1485–03 и Инструкцией 1.1.10–12–96–2005. Изделия перед испытаниями не подвергались стирке и другой обработке. Фактические значения, полученные в результате эксперимента, представлены на рисунках 1 и 2.

Данные, представленные на рисунках 1 и 2, ожидаемо, с учетом различий в условиях моделирования, свидетельствуют о существенной разнице полученных результатов уровней миграции е-капролактама в вытяжках из исследуемых образцов. Содержание указанного вещества в пробах, подготовленных в соответствии с Инструкцией 1.1.10–12–96–2005, было в 3,12–12,10 раза выше по сравнению с МУК 4.1/4.3.1485–03.

При рассмотрении результатов испытаний, представленных на рисунках 1 и 2, можно сделать вывод о том, что условия приготовления водных вытяжек, изложенные в Инструкции 1.1.10–12–96–2005, являются более аггривированными, поскольку предполагают большую насыщенность и более длительную (в 6 раз) экспозицию, что дает возможность объяснить существенную разницу в получении результатов испытаний.

Таблица 2 — Сравнительный анализ требований к приготовлению водных и воздушных вытяжек

Требования к приготовлению вытяжек	ТР ТС 008/2011		ТР ТС 007/2011, ТР ТС 017/2011		
	ТНПА, регламентирующие условия приготовления вытяжек из образцов				
	МУК 4.1/4.3.2038–05	Инструкция по применению № 016–1211	МУК 4.1/4.3.1485–03	Инструкция 1.1.10–12–96–2005	
Модельная среда	Дистиллированная вода				
Соотношение массы образца к объему модельной среды, г/см <sup>3</sup>	1 г/10 см <sup>3</sup> 1 см <sup>2</sup> /1 см <sup>3</sup> 1 см <sup>2</sup> /5 см <sup>3</sup> 1 см <sup>2</sup> /10 см <sup>3*</sup>	1 г/10 см <sup>3</sup>	Для изделий 1 слоя	Для изделий 2 слоя	1/10
			1/50	1/100	
Температура, °С	37±2	37	40±2	40±2	37
Экспозиция, час.	3	3	1	1	6
Модельная среда	Воздушная среда				
Требования к приготовлению вытяжек	МУК 4.1/4.3.1485–03	Инструкция 1.1.10–12–96–2005	МУК 4.1/4.3.2038–05	Инструкция 016–1211	
Оборудование	камера-термостат	эксикатор	камера-термостат	камера-термостат	эксикатор
Соотношение образца к объему модельной среды	0,1 м <sup>2</sup> /1 м <sup>3</sup> 1 м <sup>2</sup> /1 м <sup>3***</sup>	1 м <sup>2</sup> /1 м <sup>3</sup>	0,1–1 м <sup>2</sup> /1 м <sup>3</sup> 100 г/1 м <sup>3****</sup>	100 г/1 м <sup>3</sup>	100 г/1 м <sup>3</sup>
Воздухообмен, объем/ч	0,5	–	1,0–2,0	0,5	–
Температура, °С	40±2	37	22±2	37	37
Экспозиция, час.	24	24	24	24	24

\* в зависимости от вида игрушек и класса опасности химических веществ.  
 \*\* в зависимости от массы материала.  
 \*\*\* в зависимости от вида игрушек.

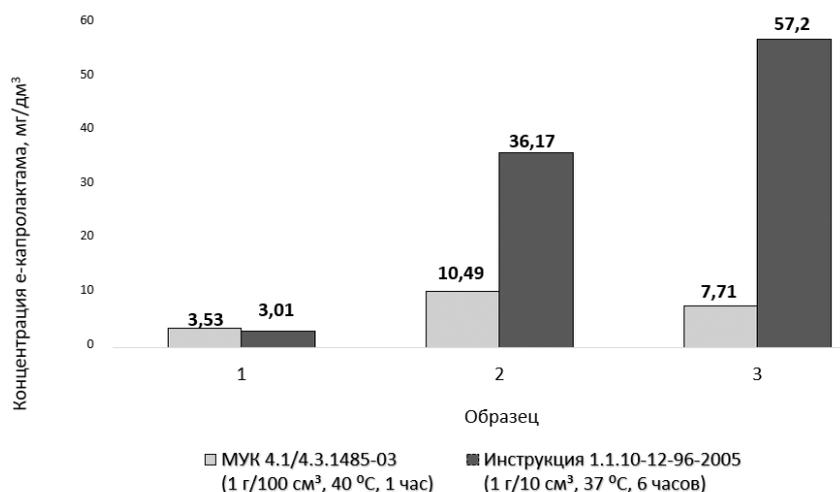
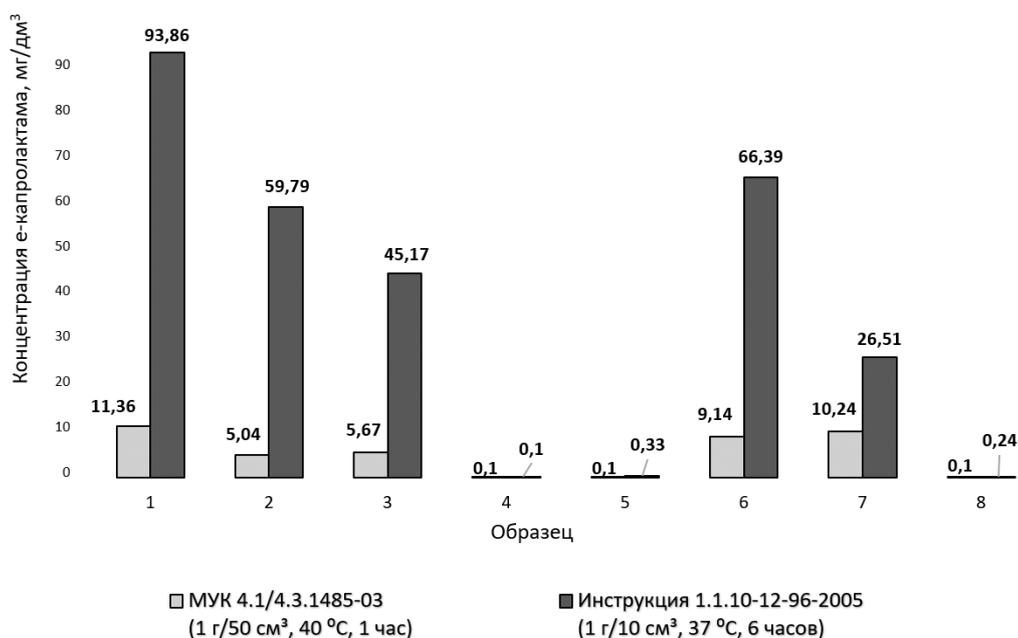


Рисунок 1 — Результаты исследований уровней миграции е-капролактама в водную вытяжку из образцов продукции легкой промышленности с использованием различных условий моделирования (мг/дм<sup>3</sup>)



**Рисунок 2 – Результаты исследований уровней миграции ε-капролактама в водную вытяжку из образцов продукции легкой промышленности с использованием различных условий моделирования (мг/дм<sup>3</sup>)**

Предел повторяемости для двух параллельных определений не превысил 6%, относительная расширенная неопределенность результатов измерений составила от 18% до 42%, однако предел промежуточной прецизионности результатов, полученных при исследовании образцов, подготовленных различными методами моделирования, составил от 16% до 297%.

Превышение предела промежуточной прецизионности (по методике измерений 14%) и отсутствие корреляции получаемых результатов в условиях промежуточной прецизионности (одно и то же оборудование, один и тот же оператор, в разное время, различные методы моделирования) можно связать с зависимостью времени миграции ε-капролактама в различные объемы модельной среды объектов испытаний, отличающихся его матрицей (материалом) и концентрацией ε-капролактама.

Результаты эксперимента подтвердили важность пробоподготовки и моделирования для получения окончательного результата исследований безопасности продукции в соответствии с техническими регламентами ТС ЕАЭС.

Сравнительный анализ различных методов моделирования и пробоподготовки позволил установить существенные различия в требованиях к условиям приготовления как воздушных, так и водных вытяжек, изложенных в ТНПА, включенных в Перечни стандартов к ТР ТС 008/2011, ТР ТС 007/2011, ТР ТС 017/2011, что с достаточной долей вероятности может привести к получению несопоставимых результатов испытаний продукции.

Полученные в результате эксперимента уровни миграции ε-капролактама в водную вытяжку из образцов продукции легкой промышленности, моделирование которых проводилось с использованием различных условий экспозиции, различаются в 3,12–12,10 раза.

Дальнейшее изучение данной темы актуально для выработки единых подходов и требований по пробоподготовке и моделированию образцов с целью контроля миграции химических веществ из изделий легкой промышленности детского и взрослого ассортимента, являющихся объектами технического регулирования.

## Литература

1. АМИ.МН 0003–2021. Массовая концентрация ε-капролактама, выделяемого из изделий из полиамидов, в водной и воздушной средах. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / разработ.: Т.П. Крымская [и др.]; Научно-практический центр гигиены. — Минск, 2021. — 39 с.

2. Отчет о проведении экспериментальных исследований показателей точности методики измерений «Массовая концентрация ε-капролактама, выделяемого из изделий из полиамида, в водных

и воздушной средах». Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / разраб.: Т.П. Крымская [и др.]; Научно-практический центр гигиены. — Минск, 2021. — 68 с.

Поступила 15.09.2022

## **МИГРАЦИЯ ЛЕТУЧИХ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОЧНЫХ ПОЛИЛАКТИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЛИГНИНОМ В МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ**

*Кузовкова А.А., к.б.н., zav\_lsi@rspch.by,  
Ковишова Т.В., chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Упаковочные изделия из полилактида (далее — ПЛ), получаемого из стереоизомеров молочной кислоты, — экологически чистая альтернатива традиционной бионеразлагаемой упаковке на основе нефти. ПЛ отвечает концепции устойчивого развития, так как для его синтеза используются ежегодно возобновляемые природные ресурсы, такие как кукуруза и сахарный тростник. ПЛ-материалы яркие и прозрачные, они могут составить конкуренцию полистиролу и полиэтилентерефталату (далее — ПЭТ). Из них производят изделия с коротким сроком службы, например, контейнеры для фруктов и овощей, яиц, деликатесных продуктов и выпечки, в ПЛ-пленки упаковывают бутерброды, леденцы и цветы, также существуют ПЛ-бутылки для воды, соков, молочных продуктов [1].

В зависимости от различных параметров, таких как структура полимера, состав материалов (смеси, пластификаторы, композиты и т.д.), ориентация, кристалличность и молекулярная масса, механические свойства коммерческого ПЛ могут быть разнообразными: от упруго-мягких до жестких, высокопрочных. Подобно полистиролу ПЛ является хрупким материалом с низким удлинением при разрыве и ударной вязкостью. Тем не менее он сравним с ПЭТ, когда речь идет о его прочности на растяжение. Из-за низкой ударной вязкости ПЛ не используют в изделиях, требующих пластической деформации при более высоких уровнях напряжения. Это «открыло двери» для разработки различных методов модификации для улучшения механических свойств ПЛ, особенно его прочности. Такие методы включают смешивание с другими полимерами, использование пластификаторов, добавление армирующих наполнителей и волокон [2].

Для оценки безопасности новых материалов, таких как композиционные ПЛ-материалы, контактирующие с пищевыми продуктами, требуются исследования миграции химических элементов и веществ из данных материалов в пищевые продукты.

В 2019 г. учеными Университета Сарагосы (Испания) была опубликована статья [3] с результатами исследований миграции летучих соединений из ПЛ-материала, изготовленного из смеси ПЛ и полиэфира, в среды — имитанты пищевой продукции: 95%-ный этанол (об/об), 10%-ный этанол (об/об) и 3%-ная уксусная кислота (вес/об). В данном исследовании также были изучены летучие вещества самого ПЛ-материала. Летучие соединения выявляли методами газовой хроматографии / масс-спектрометрии. Было установлено, что в 95%-ный этанол мигрируют такие вещества, как лактид, адипиновая кислота-бутандиол и [адипиновая кислота-бутандиол]<sub>2</sub>.

Теми же испанскими учеными в 2019 г. были представлены результаты исследований миграции нелетучих компонентов ПЛ-материалов (ПЛ-гранул и пленок, изготовленных из смеси ПЛ с полиэфиром) в вышеуказанные среды-имитанты пищевых продуктов [4]. Нелетучие компоненты выявляли методом UPLC-QTOF-MS. Были обнаружены 37 различных соединений, которые присутствовали в самих ПЛ-материалах, а также соединения, полученные в результате реакции компонентов ПЛ со средами-имитантами. В наибольшем количестве мигрировали четыре соединения, которые представляли собой циклические олигомеры, происходящие из полиэфирной части смеси и состоящие из адипиновой кислоты, фталевой кислоты и бутандиола.

В 2020 г. иностранные ученые [5] представили исследование миграции веществ из ПЛ-пленок, содержащих 1 % и 3 % (по массе) наночастиц лигнина (использовались 3 вида наночастиц лигнина: чистые наночастицы; химически модифицированные лимонной кислотой; ацетилированные). Данные композиционные ПЛ-пленки были получены методом экструзии и охарактеризованы с целью их применения в качестве упаковочных материалов для пищевых продуктов, включая оценку миграции веществ

в среды — имитанты пищевых продуктов. Миграционные тесты показали, что независимо от состава полученные нанокompозитные ПЛ-пленки ведут себя аналогично чистому ПЛ-материалу.

В Республике Беларусь разработку и производство опытных образцов ПЛ-материалов с различными наполнителями, в том числе лигнином, осуществляют в Институте химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси. Данные опытные образцы были предоставлены для проведения санитарно-химических исследований.

Цель исследований — установить уровни миграции летучих токсичных веществ из отечественных пленочных ПЛ-материалов, содержащих лигнин, в модельные среды, имитирующие пищевые продукты.

В Техническом регламенте Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» (далее — ТР ТС 005/2011), не прописаны требования к миграции токсичных элементов и веществ в модельные среды из упаковки, изготовленной из ПЛ-материалов. Вследствие этого нами в санитарно-химических исследованиях миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материала в модельные среды в качестве оценочных параметров были использованы допустимые количества миграции (далее — ДКМ) веществ, выделяющихся из биоразлагаемой упаковки (бумага, бумага парафинированная, картон, картон мелованный, картон макулатурный, пергамент растительный, подпергамент (бумага с добавками, имитирующими свойства пергамента растительного), контактирующей с пищевыми продуктами, указанные в Приложении 1 к ТР ТС 005/2011. Были проведены санитарно-химические исследования миграции 16 летучих токсичных веществ из ПЛ-материала в виде пленки толщиной 90 мкм с 1 % лигнина и в виде пленки толщиной 200 мкм с 5 % лигнина в модельные среды, имитирующие пищевые продукты, при комнатной температуре: дистиллированную воду; 0,3%-ный раствор молочной кислоты; 3%-ный раствор молочной кислоты; 2%-ный раствор уксусной кислоты с 2 % поваренной соли; 2%-ный раствор лимонной кислоты; 20%-ный раствор этилового спирта после экспозиции в течение 1 суток (моделирование контакта пищевых продуктов с ПЛ-материалами до 2 ч). Фрагменты ПЛ-материала размером 5 см × 10 см помещали в плотно закрывающийся стеклянный сосуд (бюкс) и заливали модельной средой из расчета на 2 см<sup>2</sup> поверхности 1 см<sup>3</sup> модельного раствора (с учетом площади обеих поверхностей). Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в модельные среды оценивали методом газовой хроматографии.

Полученные значения уровней миграции летучих токсичных веществ из отечественных пленочных композиционных ПЛ-материалов толщиной 90 мкм с 1 % лигнина и толщиной 200 мкм с 5 % лигнина в модельные среды, имитирующие пищевые продукты, при инкубации в течение 1 суток при комнатной температуре представлены в таблицах 1–6. Результаты свидетельствуют об отсутствии значимой миграции летучих токсичных веществ из исследуемых ПЛ-материалов в представленные модельные среды. Наблюдалась миграция ряда веществ на уровнях ниже ДКМ.

Таблица 1 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в дистиллированную воду в течение 1 суток экспозиции

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		ПЛ-материала с 1 % лигнина	ПЛ-материала с 5 % лигнина	
Дистиллированная вода, 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , 1 сутки, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изопропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	0,5
	Формальдегид	менее 0,02	менее 0,02	0,1
	Этилацетат	0,072	менее 0,05	0,1
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	0,1	

Таблица 2 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в 0,3%-ный раствор молочной кислоты в течение 1 суток экспозиции

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		ПЛ-материала с 1 % лигнина	ПЛ-материала с 5 % лигнина	
0,3%-ный раствор молочной кислоты, 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , 1 сутки, комнатная температура	Ацетальдегид	0,064	менее 0,05	0,2
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	0,089	менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изопропанол	менее 0,05	0,127	0,5
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	0,5
	Формальдегид	менее 0,02	0,030	0,1
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	0,1	

Таблица 3 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в 3%-ный раствор молочной кислоты в течение 1 суток экспозиции

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		ПЛ-материала с 1 % лигнина	ПЛ-материала с 5 % лигнина	
3%-ный раствор молочной кислоты, 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , 1 сутки, комнатная температура	Ацетальдегид	0,1	менее 0,05	0,2
	Ацетон	0,06	менее 0,05	0,1
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изопропанол	0,089	0,163	0,5
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	0,5
	Формальдегид	0,036	0,027	0,1
	Этилацетат	менее 0,05	0,075	0,1
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	0,1	

Таблица 4 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в 2%-ный раствор лимонной кислоты в течение 1 суток экспозиции

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		ПЛ-материала с 1 % лигнина	ПЛ-материала с 5 % лигнина	
2%-ный раствор лимонной кислоты, 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , 1 сутки, комнатная температура	Ацетальдегид	0,095	менее 0,05	0,2
	Ацетон	0,066	0,193	0,1
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Бутанол	менее 0,05	0,07	0,5
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изопропанол	0,067	0,247	0,5
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Метанол	0,149	менее 0,05	0,2
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	0,5
	Формальдегид	менее 0,02	0,068	0,1
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	0,1	

Таблица 5 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в 2%-ный раствор уксусной кислоты, содержащий 2 % поваренной соли, в течение 1 суток экспозиции

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		ПЛ-материала с 1 % лигнина	ПЛ-материала с 5 % лигнина	
2%-ный раствор уксусной кислоты, содержащий 2 % поваренной соли, 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , 1 сутки, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изопропанол	менее 0,05	0,143	0,5
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Метанол	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	0,5
	Формальдегид	менее 0,02	0,059	0,1
	Этилацетат	менее 0,05	0,052	0,1
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	0,1	

Таблица 6 — Уровни миграции летучих токсичных веществ из ПЛ-материалов в 20%-ный раствор этилового спирта в течение 1 суток экспозиции

Модельная среда / условия моделирования	Токсичный элемент	Уровни миграции (мг/дм <sup>3</sup> ) из		Требования ТР ТС 005/2011, ДКМ, мг/дм <sup>3</sup>
		ПЛ-материала с 1 % лигнина	ПЛ-материала с 5 % лигнина	
20%-ный раствор этилового спирта / 2 см <sup>2</sup> / 1 см <sup>3</sup> , 1 сутки, комнатная температура	Ацетальдегид	менее 0,05	менее 0,05	0,2
	Ацетон	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Бензол	менее 0,005	менее 0,005	0,01
	Бутилацетат	0,063	менее 0,05	0,1
	Ксилолы (смесь изомеров)	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Бутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изобутанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Изопропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Пропанол	менее 0,05	менее 0,05	0,5
	Метанол	0,139	менее 0,05	0,2
	Толуол	менее 0,005	менее 0,005	0,5
	Формальдегид	менее 0,02	менее 0,02	0,1
	Этилацетат	менее 0,05	менее 0,05	0,1
	Гексан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
	Гептан	менее 0,005	менее 0,005	0,1
Эпихлоргидрин	менее 0,005	менее 0,005	0,1	

Таким образом, представленные композиционные пленочные ПЛ-материалы, содержащие 1 % и 5 % лигнина, по исследованным показателям соответствуют требованиям ТР ТС 005/2011, предъявляемым к биоразлагаемой упаковке (бумаге, бумаге парафинированной, картону, картону мелованному, картону макулатурному, пергаменту растительному, подпергаменту (бумаге с добавками, имитирующими свойства пергамента растительного), контактирующей с пищевыми продуктами).

Работа выполнена в рамках НИР «Изучить санитарно-химические показатели гигиенической безопасности образцов отечественных биоразлагаемых материалов на основе полилактидов на этапе разработки технологий их производства», ГПНИ 2 «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биоорхимия».

## Литература

1. Полилактид [Электронный ресурс] // Сайт masterpolymer.ru. — Режим доступа: <http://www.masterpolymer.ru/o-kompanii/informatsiya-po-polimeram/polilaktid.html>. — Дата доступа: 06.06.2022.
2. Naser, A. Z. Poly(lactic acid) (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHAs), green alternatives to petroleum-based plastics: a review / A. Z. Naser, I. Deiab, B. M. Darras // RSC Adv. — 2021. — Vol. 11. — P. 17151–17196.
3. Ubeda, S. Determination of volatile compounds and their sensory impact in a biopolymer based on polylactic acid (PLA) and polyester / S. Ubeda, M. Aznar, C. Nerín // Food Chem. — 2019. — Vol. 294. — P. 171–178.
4. Determination of non-volatile components of a biodegradable food packaging material based on polyester and polylactic acid (PLA) and its migration to food simulants / M. Aznar [et al.] // J Chromatogr A. — 2019. — Vol. 1583. — P. 1–8.
5. UV Protective, Antioxidant, Antibacterial and Compostable Polylactic Acid Composites Containing Pristine and Chemically Modified Lignin Nanoparticles / E. Cavallo [et al.] // Molecules. — 2020. — Vol. 26, № 1. — P. 126.

Поступила 08.09.2022

# МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ Е-КАПРОЛАКТАМА, ВЫДЕЛЯЕМОГО ИЗ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДОВ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ, МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Лебединская К. С., *chromatographic@rspch.by*,  
Крымская Т. П., *chromatographic@rspch.by*,  
Чеботкова Д. В., *chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

На сегодняшний день области использования полиамидов из е-капролактама определяют их широкое применение в технических изделиях и в товарах народного потребления. Из капрона и нейлона, сырьем которых является е-капролактam, изготавливается корд — основной структурный элемент автомобильных шин. Вместе с тем корд является основой для производства конструкционных пластиков, используемых для выпуска компонентов электронной и электрической техники. Основное направление при использовании капроновых волокон в производстве товаров народного потребления — ткани, чулочно-носочные и трикотажные изделия. Е-капролактam используется в качестве материала для производства контейнеров, емкостей для питьевых жидкостей и прочей тары, допускающей контакт с пищевыми продуктами.

Е-капролактam (гексагидро-2Н-азепин-2-он) — циклический амид (лактam) е-аминокапроновой кислоты (рисунок 1).

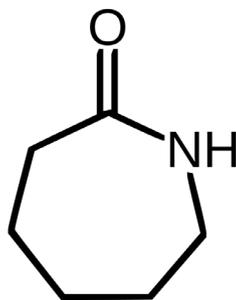


Рисунок 1 — Структурная формула е-капролактама

Важное свойство е-капролактама — способность полимеризоваться с образованием ценного полимера — поликапроамида. Неизбежный процесс, сопровождающий эксплуатацию полимеров, — их старение. Под влиянием внешних условий, воздействием самих продуктов питания полимерные материалы подвергаются различным физико-химическим модификациям. Это сопровождается изменением внешнего вида, свойств полимеров, увеличивается вероятность миграции в продукт и контактирующие среды высокотоксичных соединений, одним из которых является е-капролактam.

Е-капролактam — горючее токсичное вещество, которое при попадании на кожу может вызывать дерматит, а при попадании в организм — судороги и изменения со стороны внутренних органов и нервной системы. Воздух, содержащий капролактam, раздражает слизистые оболочки [1].

По степени воздействия на организм человека е-капролактam относится к третьему классу опасности, и его содержание в воздушных вытяжках из материалов из полиамида регламентируется рядом Технических регламентов Таможенного союза, в частности, ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков», ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек», ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности», ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты», ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебельной продукции», ТР ЕАЭС 042/2017 «О безопасности оборудования для детских игровых площадок». В соответствии с Техническими регламентами его значение предельно допустимой концентрации в воздушной среде из товаров, изготовленных из полиамидных материалов, составляет 0,06 мг/м<sup>3</sup>.

Существуют различные методы количественного определения е-капролактама в воздушных средах: фотометрические методы анализа, тонкослойная хроматография, колориметрический метод с реактивом Несслера.

Вышеперечисленные методы являются устаревшими, трудоемкими, не имеют метрологических характеристик.

Также для определения е-капролактама существуют хроматографические методы:

- газохроматографический метод определения е-капролактама в воде с использованием азотно-фосфорного детектора;
- метод жидкостной хроматографии для определения е-капролактама в водных вытяжках;
- газохроматографический метод определения е-капролактама в воздухе с использованием газового хроматографа с пламенно-ионизационным детектором.

Недостатком вышеупомянутых методов является то, что они не имеют достаточной чувствительности для достижения нормированных величин, технически несовершенны либо не рассматривают определение е-капролактама в воздушной среде.

Вследствие этого возникла необходимость в разработке методики, которая по чувствительности, селективности и времени проведения анализа соответствовала бы лучшим методикам, признанным в мировой практике, в целях ее дальнейшего применения для исполнения требований технических регламентов и достоверной оценки соответствия объектов технического регулирования.

Цель работы — разработка методики определения уровня миграции в воздушную среду е-капролактама, выраженного в единицах массовой концентрации, методом жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектированием.

Объектами исследований являлись градуировочные растворы с различной массовой концентрацией е-капролактама, модельные пробы, имитирующие воздушные вытяжки из товаров народного потребления, изготовленных из полиамидных материалов.

При разработке методики были проанализированы следующие условия хроматографирования: хроматографическая колонка с определенным типом фазы, размером и температурой; вид и скорость подвижной фазы; длина волны поглощения; линейный диапазон детектирования.

Разработанная методика основана на концентрировании е-капролактама из воздушной среды в поглотительный прибор с пористой пластинкой, заполненной дистиллированной водой, анализе поглотительного раствора методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и количественном определении методом абсолютной градуировки.

Исследования проводились с использованием жидкостного хроматографа Agilent 1260 Infinity (Agilent Technologies, USA), оснащенного диодно-матричным детектором. В ходе эксперимента испытания проводились на хроматографической колонке Poroshell 120 EC-C18 (2,7 мкм, 50 мм × 4,6 мм) (Agilent Technologies, USA).

Идентификацию пика е-капролактама проводили по времени удерживания, которое устанавливали при хроматографировании градуировочных растворов. Концентрацию е-капролактама определяли методом абсолютной калибровки по площадям соответствующих хроматографических пиков на хроматограммах.

Поскольку е-капролактамы хорошо растворимы в воде, изучались хроматографические характеристики пика е-капролактама при приготовлении градуировочных растворов е-капролактама в дистиллированной воде.

Для построения градуировочного графика использовали водные растворы е-капролактама в диапазоне концентраций 0,1–2,0 мкг/см<sup>3</sup>. Градуировочный график, характеризующий зависимость площади пика от концентрации е-капролактама, носит линейный характер (рисунок 2).

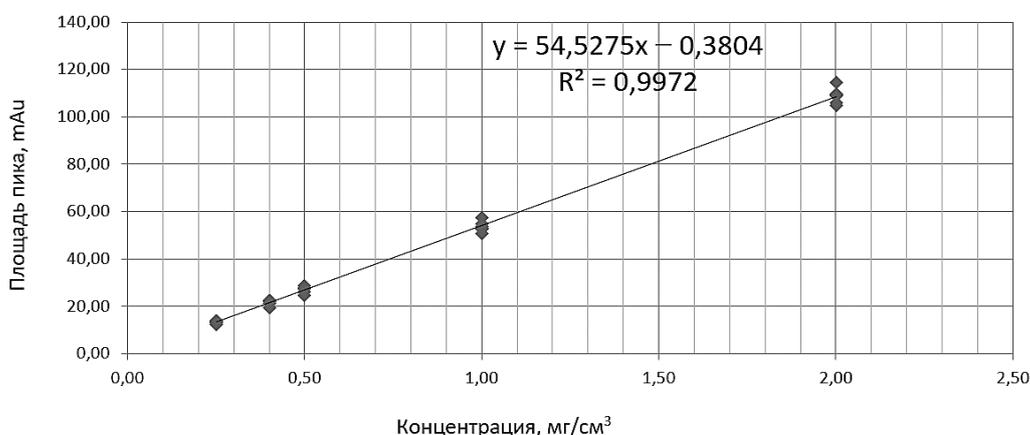


Рисунок 2 — Градуировочный график зависимости площади пика е-капролактама от его массовой концентрации в растворе

В ходе проведения исследования при использовании жидкостного хроматографа Agilent 1260 Infinity и колонки Poroshell 120 EC–C18 наиболее подходящими были подобраны следующие условия хроматографического анализа:

- подвижная фаза для ВЭЖХ: смесь «метанол–вода» в соотношении 20 : 80;
- скорость потока подвижной фазы: 0,4 см<sup>3</sup>/мин;
- температура колонки: 30 °С;
- рабочая длина волны: 210 нм;
- объем вводимой пробы: 5–10 мм<sup>3</sup> (в зависимости от чувствительности детектора);
- ориентировочное время удерживания е-капролактама — (4,8 ± 0,2) мин.

Исследование миграции вредных химических веществ в воздушную среду проводится в статическом или, при необходимости, динамическом режиме. При изучении миграции вредных химических веществ в воздушную среду в статическом режиме исследуемый образец помещают в тщательно вымытые герметически закрытые емкости (эксикатор). При отборе проб воздуха через поглотители протягивают трехкратный объем воздуха эксикатора, содержащего образец. Параллельно готовится «холодная проба»: отбирается проба воздуха на содержание того же вредного химического вещества из идентичной герметически закрытой емкости, в которой отсутствует образец. Воздушные пробы, полученные как в основном, так и в контрольном опытах, исследуют в идентичных условиях. Исследование миграции вредных химических веществ из образцов в воздушную модельную среду в динамическом режиме проводят в камере-термостате. В камеру помещают исследуемый образец, устанавливают температуру, воздухообмен и выдерживают образец при данных условиях. Скорость и время отбора при исследовании в динамическом режиме определяются конкретной методикой, согласно которой определяется вещество.

Получение воздушных вытяжек из образцов, содержащих полиамид, проводят при определенной экспозиции, воздухообмене, температурном режиме и соотношении массы образца (г) (площади образца (м<sup>2</sup>)) к объему воздушной среды (м<sup>3</sup>) в соответствии с требованиями нормативных документов (таблица 1).

Таблица 1 — Приготовление вытяжек для определения миграции е-капролактама в воздушные среды

Технический регламент Таможенного союза Евразийского экономического союза	Нормативный документ, регламентирующий условия приготовления воздушных вытяжек из образцов
ТР ТС 007/2011	Инструкция 016–1211
	Инструкция 1.1.10–12–96–2005 (в части одежды, изделий из текстильных материалов, обуви)
ТР ТС 008/2011	Инструкция 016–1211
ТР ТС 017/2011	Инструкция 1.1.10–12–96–2005
ТР ТС 019/2011	МУ 11–11–15 РБ 02
ТР ТС 025/2012	ГОСТ 30255–2014
ТР ЕАЭС 042/2017	Инструкция 2.1.2.10–12–38–2006

*Порядок выполнения измерений.* После проведения отбора пробы и выхода хроматографа на режим содержимое поглотительного прибора пропускают через шприцевый мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм, диаметром 15 мм, переносят в вialу и проводят хроматографический анализ.

Предварительно проводят анализ контрольной пробы.

Массовую концентрацию е-капролактама, выделившегося из образца в воздушную вытяжку (при использовании эксикатора), —  $X$ , мг/м<sup>3</sup>, — вычисляют по формуле (1):

$$X = \frac{C \times V_6}{V_5} \times K_{и}, \quad (1)$$

где  $C$  — массовая концентрация е-капролактама в пробе, найденная по градуировочной характеристике, мкг/см<sup>3</sup>;

$V_6$  — объем поглотительного раствора, см<sup>3</sup>;

$V_5$  — фактическая вместимость эксикатора, дм<sup>3</sup>;

$K_{и}$  — коэффициент извлечения.

При использовании климатической камеры  $X$ , мг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле (2):

$$X = \frac{C \times V_6}{V_{20}} \times K_n, \quad (2)$$

где  $V_{20}$  — объем отобранного воздуха, приведенный к стандартным условиям,  $\text{дм}^3$ .

В качестве образцов для исследования методики измерений использовали градуировочные растворы с различной массовой концентрацией  $\epsilon$ -капролактама для установления градуировочной характеристики; воздушные вытяжки из образцов изделий, включающих полиамид и модельные воздушные вытяжки, для установления показателей прецизионности; модельные воздушные вытяжки для оценки показателя правильности. При метрологической аттестации методики устанавливались показатели прецизионности и правильности. Параметры градуировочной характеристики рассчитывались методом наименьших квадратов [2].

Таким образом, разработана метрологически аттестованная методика измерений МВИ «Массовая концентрация  $\epsilon$ -капролактама, выделяемого из изделий из полиамидов, в водной и воздушной средах. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Исследования проведены для официального использования Евразийской экономической комиссией.

Методика устанавливает алгоритм выполнения измерений массовых концентраций в воздушных вытяжках из товаров потребления для  $\epsilon$ -капролактама в диапазоне массовых концентраций от 0,02 до 0,4  $\text{мг}/\text{м}^3$  с пределом повторяемости  $r=6\%$ , пределом промежуточной прецизионности  $R_1=18\%$ , относительной расширенной неопределенностью для диапазона от 0,02 до 0,05  $\text{мг}/\text{м}^3$  вкл.  $U_{(x)}=47\%$ , для диапазона свыше 0,05 до 0,4  $\text{мг}/\text{м}^3$  вкл.  $U_{(x)}=20\%$ .

### Литература

1. Производство капролактама / А.С. Бадриан [и др.]. — М.: Химия, 1977. — 264 с.
2. Физико-химические методы анализа: практ. рук. / под ред. В.Б. Алесковского. — Л.: Химия, 1988. — 373 с.

Поступила 07.09.2022

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ МИГРАЦИИ ПРОИЗВОДНОГО БЕНЗОИЛПИРАЗОЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА — ВОДА» МЕТОДОМ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Мухина Л.П., [lady.mixas@mail.ru](mailto:lady.mixas@mail.ru),  
Громова И.П., к.б.н., [gromovaip@mail.ru](mailto:gromovaip@mail.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

В связи с тем, что по стойкости в почве действующее вещество, относящееся к химическому классу производных бензоилпиразолов (трикетоны, HPPD-ингибиторы), отнесено к стойким соединениям (2-й класс опасности по стойкости в почве — опасное соединение, МР 1.2.0235–21 «Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов по степени опасности»), проведены экспериментальные исследования, в задачу которых входило изучение влияния ксенобиотика на миграционно-водный показатель вредности, характеризующий процессы миграции пестицида из почвы в грунтовые воды. Цель данных исследований — получение обоснованной пороговой концентрации пестицида в почве по вышеназванному показателю вредности, необходимой для последующего выбора лимитирующего показателя вредности с учетом всех показателей вредности (транслокационный, миграционно-воздушный, общесанитарный), по которым определяют ПДК пестицида в почве [1].

Исследования были проведены в стандартных и сопоставимых почвенных и микроклиматических условиях (температура, влажность, интенсивность ультрафиолетового облучения), способствующих максимальной миграции пестицида из почвы в воду, с использованием модельного почвенного эталона и специальной фильтрационной лабораторной установки. Метод лабораторного моделирования является обязательным этапом при изучении миграции пестицидов в почве [2, 3].

Препараты на основе действующего вещества — производного бензоилпиразолов применяются в условиях сельского хозяйства России в качестве системных гербицидов на кукурузе с рекомендуемыми нормами расхода 1,0–1,5 л/га при однократном наземном опрыскивании посевов [4].

Объекты исследования: действующее вещество — производное химического класса бензоилпиразолов,  $C_{16}H_{17}N_3O_5S$ , молекулярная масса — 363,4, твердое белое кристаллическое вещество без запаха, растворимость в воде — 510 мг/л (рН 3,1), растворимость в органических растворителях: 1 г/100 мл — в этилацетате, н-гептане, метаноле, ацетоне и толуоле. Растворимость в н,н-диметилформамиде составляет 11,4–13,3 г/100 мл. Коэффициент распределения в системе н-октанол/вода:  $\log P_{ow}$  при 20 °С в деионизированной воде 1,13. Скорость полураспада ( $DT_{50}$ ) 137–207 дней (при 20 °С на 5 типах почв),  $DT_{90}$  в тех же условиях 466–688 дней (4 типа почв); модельные пробы фильтратов; контрольные пробы воды — холостая проба фильтрата.

Отобранные пробы воды хранили в затемненной таре в холодильнике не более недели (2–6 °С).

В опытах использовали лабораторные фильтрационные колонки высотой 1 м с диаметром 10 см с системой для сбора фильтрата, заполненные дренажом и почвой, обладающей максимальной фильтрацией и минимальной сорбционной способностью, с постоянным гранулометрическим и физико-химическим составом — модельный почвенный эталон (далее — МПЭ). МПЭ — смесь средне- и мелкозернистого карьерного песка, отобранного с глубины 3 м, с содержанием органического углерода 0,5–1,5 %, рН водной вытяжки — 6,5–7,5; емкостью поглощения < 5,0 (ммоль/100 г почвы), суммой обменных оснований — < 3,0 (мг-экв/100 г почвы); механическим составом — количество частиц с диаметром более 0,1 мм — 95 %, количество частиц с диаметром менее 0,1 мм — 5 %, содержание частиц с диаметром 0,1–0,25 мм —  $\geq 50$  %, максимальный диаметр частиц —  $\leq 1$  %.

Испытаны три концентрации производного бензоилпиразолов в 3-кратной повторности и контроль. Первая концентрация соответствовала максимально рекомендуемой норме расхода препарата в сельском хозяйстве Российской Федерации (далее — РФ) — 1,5 л/га, (однократная обработка посевов) — 0,3 мг/кг; вторая — в 10 раз ниже максимальной нормы — 0,03 мг/кг; третья — в 10 раз выше максимальной нормы — 3,0 мг/кг (стойкость вещества в почве больше одного вегетационного периода).

Заданные концентрации вещества, предварительно растворенного в растворителе (ацетон), вносили в виде водного раствора в верхний 20-сантиметровый слой фильтрационных колонок с учетом общего количества воды для ежедневного полива. Опыты проводили в темноте. Полив экспериментальных установок, отбор, анализ проб фильтрата проводили ежедневно. Содержание нормируемого вещества определяли постоянно в каждых 100 мл фильтрата. Эксперимент продолжался до установления концентрации вещества в анализируемой воде на уровне его ранее установленной ПДК в воде — 0,02 мг/дм<sup>3</sup>.

Для приготовления модельных проб воды с внесением вещества использован градуировочный раствор с концентрацией 10 мкг/см<sup>3</sup>. В работе был использован аналитический стандартный образец вещества с содержанием основного вещества 99,3 %.

Образец воды объемом 10 см<sup>3</sup> пропускали через мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм и анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором.

Аналитические исследования выполняли на жидкостном хроматографе Agilent 1200, снабженном ультрафиолетовым детектором, градиентным насосом, термостатом колонок и автосамплером.

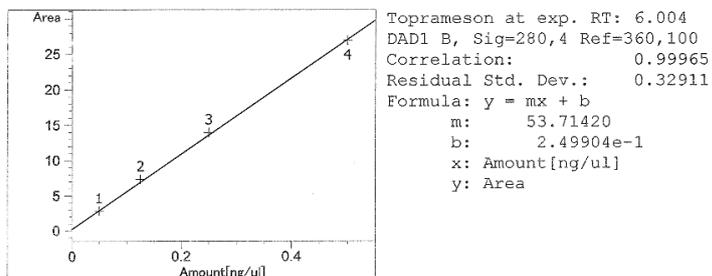
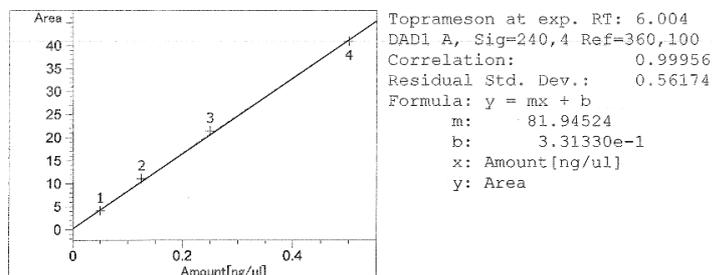
Количественное определение вещества проводили методом абсолютной калибровки на основе градуировочной зависимости площади пика вещества от его концентрации в анализируемом растворе (рисунок 1).

*Условия хроматографирования.*

Жидкостный хроматограф Agilent 1200 фирмы Agilent Technologies с диодно-матричным детектором. В качестве неподвижной фазы использовалась обращенно-фазная хроматографическая колонка длиной 250 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, зернением 5 мкм, содержащая ZORBAX Eclipse XDB C18. Температура колонки — 25 °С.

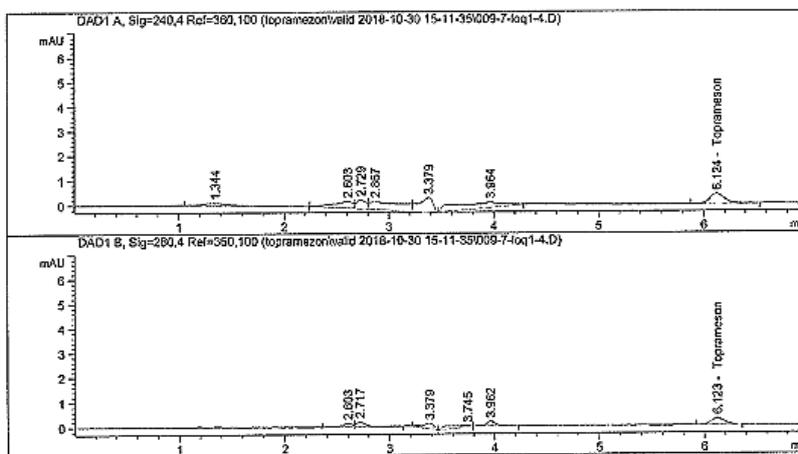
В качестве подвижной фазы использовали смесь растворителей ацетонитрил — 0,1%-ная ортофосфорная кислота (30 : 70, по объему). Рабочая длина волны детектирования (240 и 280 нм). Скорость потока элюента — 0,8 см<sup>3</sup>/мин. Объем вводимой пробы 20 мкл. Ориентировочное время выхода — 6,1 мин. Линейный диапазон детектирования: 1–10 нг [5].

Для подтверждения получения достоверных, воспроизводимых результатов предварительно метод верифицирован на модельных образцах воды с внесением вещества на уровне нижнего предела количественного определения 0,005 мг/дм<sup>3</sup> (соответствующих  $\frac{1}{4}$  ПДК в воде) и 10 уровней нижнего предела количественного определения 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (рисунок 2).



RT	Grp	Type	Area	Amt/Area	Amount	Name
6.004	1	1	5.00000e-2	4.06857	1.22893e-2	No No Toprameson
		2	1.25000e-1	11.06847	1.12933e-2	
		3	2.50000e-1	21.38736	1.16891e-2	
		4	5.00000e-1	40.93159	1.22155e-2	
6.004	2	1	5.00000e-2	2.77094	1.80444e-2	No No Toprameson
		2	1.25000e-1	7.32645	1.70615e-2	
		3	2.50000e-1	13.93127	1.79452e-2	
		4	5.00000e-1	26.90649	1.85829e-2	

Рисунок 1 – График зависимости площади хроматографического пика от концентрации действующего вещества в растворе



Signal 1: DAD1 A, Sig=240,4 Ref=360,100

RetTime [min]	Type	Area [mAU*s]	Amt/Area	Amount [ng/ul]	Grp	Name
6.124	BB	3.81102	1.11423e-2	4.24636e-2		Toprameson

Signal 2: DAD1 B, Sig=280,4 Ref=360,100

RetTime [min]	Type	Area [mAU*s]	Amt/Area	Amount [ng/ul]	Grp	Name
6.123	BB	2.39248	1.66724e-2	3.98885e-2		Toprameson

Рисунок 2 – Хроматограмма образца воды с внесением вещества на уровне нижнего предела количественного определения

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что уровень миграции вещества в системе «почва — вода» зависит от его концентрации в почве.

Данные по содержанию действующего вещества в опытных пробах воды приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты определения остаточных количеств производного бензоилпиразолов в пробах фильтратов воды, мг/дм<sup>3</sup>

Дни наблюдения	Концентрации действующего вещества, мг/дм <sup>3</sup>		
	0,1N	1N	10N
1–4	н/о	н/о	н/о
5–8	н/о	0,01–0,02	0,57–2,52
8–6	н/о	н/о	2,52–0,005
Примечание — н/о — менее 0,005 мг/дм <sup>3</sup> .			

В опытных пробах фильтратов воды с внесенными концентрациями пестицида 0,3 мг/кг и 3,0 мг/кг до 4-го дня опыта действующее вещество не было обнаружено (менее 0,005 мг/дм<sup>3</sup>).

С 5-го по 8-й день наблюдения действующее вещество в пробах воды было обнаружено:

— с концентрацией в почве 0,3 мг/кг ниже или на уровне его ПДК в воде водоемов (0,02 мг/дм<sup>3</sup>) — 0,01–0,02 соответственно;

— с концентрацией в почве 3,0 мг/кг более чем в 10 раз выше его ПДК в воде водоемов — 0,57–2,52 мг/дм<sup>3</sup>.

С 9-го по 16-й день опыта остаточные количества вещества в водных фильтратах опытных проб с концентрацией в почве 0,3 мг/кг не были обнаружены, а с концентрацией в почве 3,0 мг/кг были обнаружены в диапазоне 2,52–0,005 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 1).

Остаточные количества ксенобиотика в лизиметрических водах опытных проб с концентрацией вещества в почве 0,03 мг/кг не были обнаружены на протяжении всего опыта.

Анализ данных, полученных в процессе эксперимента аналитическим методом по изучению влияния на миграционно-водный показатель вредности производного бензоилпиразолов, позволил установить его пороговую концентрацию по этому показателю вредности на уровне 0,3 мг/кг, так как при внесении такой концентрации в почву на протяжении всего эксперимента пестицид обнаруживался в фильтратах воды в количестве ниже или на уровне его ПДК в воде водоемов.

На основании полученных результатов исследований по определению уровня миграции производного бензоилпиразолов в системе «почва — вода» была отмечена его достаточно высокая способность к выщелачиванию при внесении в почву на уровне концентрации, на порядок превышающей максимально рекомендуемую норму расхода препаратов на его основе в сельском хозяйстве РФ. Это химическое вещество характеризуется как умеренно подвижное в почве, и есть вероятность его миграции в ее нижние горизонты, а также проникновения в грунтовые воды при многократном применении пестицидных препаратов на его основе в условиях сельского хозяйства РФ.

## Литература

1. Актуальность гигиенического нормирования пестицидов в почве / А.Ю. Попова [и др.] // Гигиена и санитария. — 2018. — Т. 97, № 6. — С. 485–490.
2. Гончарук, Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве / Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко. — М.: Медицина, 1986. — 320 с.
3. Методические рекомендации по установлению ПДК химических веществ в почве: метод. рек. № 2609–82: утв. зам. Гл. гос. санитар. врача СССР 05 авг. 1982. — М., 1982. — 58 с.
4. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. — Вып. 25. — М.: ООО «Издательство Агрорус», 2021. — 887 с.
5. Определение остаточных количеств топрамезона в воде, почве, зеленой массе, зерне и масле кукурузы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: МУК 4.1.2858–11 // Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье и объектах окружающей среды: сб. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. — С. 143–164.

Поступила 15.08.2022

## ПИЛОТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОНИТОРИНГУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

*Перов С. Ю., д. б. н. perov@irioh.ru,  
Белая О. В., к. б. н., belaya@irioh.ru,  
Дремин А. И., dremmin@irioh.ru*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», г. Москва, Россия

В условиях приоритетного развития технологий беспроводной передачи данных и средств телекоммуникаций одним из основных неблагоприятных факторов окружающей среды становятся электромагнитные поля радиочастотного диапазона (далее — ЭМП). Как правило, источником ЭМП выступает радиотехническое оборудование различного назначения (системы теле- и радиовещания, радиолокации и навигации, подвижной радиосвязи и т. п.), для каждого типа которого режимы эксплуатации и соответствующие частотно-временные параметры создаваемых ЭМП являются специфичными. Особое место среди современных источников занимают системы мобильной связи, в частности базовые станции, которые преобладают (до 97,2%) в структуре радиоэлектронных средств, ежегодно обследованных службами Роспотребнадзора Российской Федерации [1] и отличаются специфической временной динамикой уровней ЭМП в зависимости от фактического уровня передачи трафика данных и загрузки сети. Таким образом, в результате совместной работы разнообразных источников современные условия экспозиции ЭМП являются стохастическими, и для адекватной оценки условий потенциально негативного воздействия на человека требуется статистический анализ данных об уровнях ЭМП за длительные промежутки времени.

Гигиеническая оценка уровней ЭМП на селитебной территории направлена в первую очередь на кратковременные широкополосные измерения для установления соответствия предельно допустимым уровням в режиме функционирования источника с максимальной выходной мощностью излучения [2, 3]. Однако такой подход, являющийся общепринятым в гигиенической практике, не позволяет отследить временную динамику уровней ЭМП, что приводит к неполной характеристике реальных условий воздействия фактора. В сложившихся условиях для расширения спектра задач по гигиенической оценке и контролю фактора актуальным направлением представляется разработка и внедрение систем мониторинга ЭМП, а также соответствующего нормативно-методического обеспечения.

Целью работы являлось проведение пилотных исследований временной динамики уровней электромагнитных полей радиочастотного диапазона с использованием системы мониторинга.

В качестве объекта исследования были выбраны ЭМП, создаваемые преимущественно антеннами базовых станций сотовой связи различных стандартов, что обеспечивалось размещением измерительного датчика на крыше административного здания ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н. Ф. Измерова», расположенного на территории типового микрорайона мегаполиса с преобладанием жилого фонда. Длительная регистрация уровней ЭМП снаружи здания осуществлялась с помощью широкополосной станции мониторинга Narda AMB-8059 (Narda Safety Test Solutions GmbH, Германия), работающей в диапазоне 100 кГц — 7 ГГц. Стационарные средства инструментального контроля подобного типа широко используются в национальных системах мониторинга ЭМП в различных странах Европы, Азии и Латинской Америки [4].

Для проведения мониторинга и анализа уровней ЭМП на основе станции мониторинга был разработан аппаратно-программный комплекс. Система мониторинга включала автономную измерительную станцию, обеспечивающую постоянное измерение уровней ЭМП и передачу данных на удаленное файловое хранилище и последующее автоматическое заполнение базы данных, а также специализированное программное обеспечение, позволяющее не только визуализировать уровни ЭМП, но и проводить статистическую обработку и анализ вероятностных параметров ЭМП.

Для исследования большого массива данных временной динамики изменений условий экспозиции ЭМП при анализе выборок за определенной временной промежуток были выбраны статистические параметры, такие как среднее, максимальное и минимальное значения, 25-, 50-, 75-, 90- и 95-перцентили, которые вместе с кумулятивной функцией распределения позволяют проводить вероятностную оценку уровней ЭМП.

За время проведения пилотных исследований с помощью системы мониторинга ЭМП собран массив данных за 9 месяцев и проведен их первичный анализ с помощью разработанного про-

граммного обеспечения. Значения ППЭ фиксировались каждые 6 мин., что позволило детально оценить и сопоставить динамику уровней ЭМП в различные временные интервалы. Например, на рисунке 1 представлены зависимости, отражающие вариации в течение суток уровней ЭМП по максимальным, средним и минимальным значениям, оценка которых проводилась по всей выборке в каждый момент регистрации.

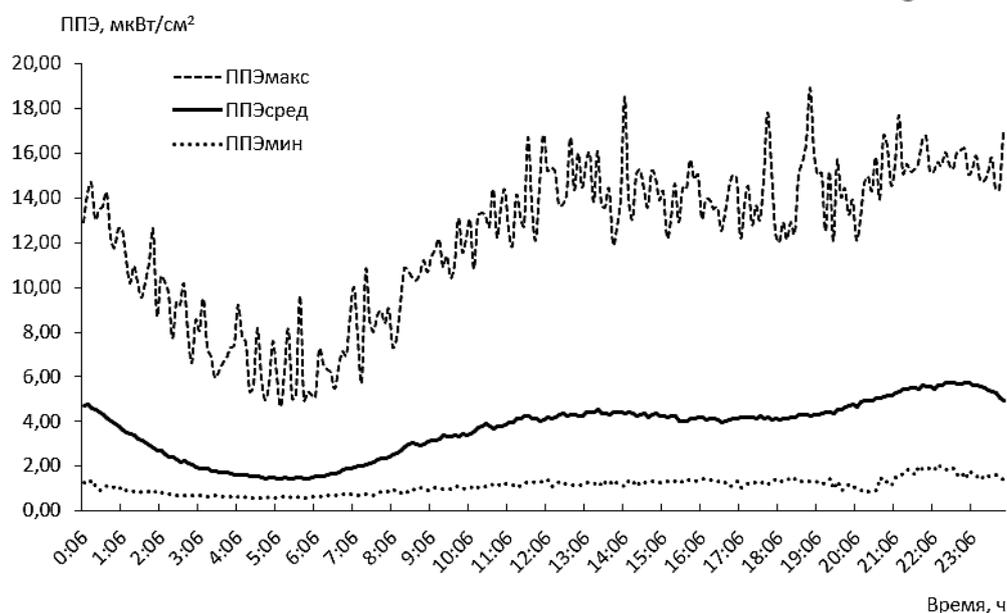


Рисунок 1 — Динамика уровней ЭМП в течение суток

По графикам на рисунке 1 прослеживается характерная для систем сотовой связи суточная динамика уровней ЭМП, связанная с периодами увеличения (с 11 до 22 ч) и спада (с 2 до 7 ч) трафика передачи данных и нагрузки сети, которым соответствуют часы наибольших и наименьших уровней ППЭ. Также можно отметить значительные отличия между максимальными и средними значениями уровней ЭМП, которые наблюдаются и при сопоставлении данных за отдельные месяцы исследования, представленных в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты анализа данных мониторинга по месяцам: ППЭ, мкВт/см<sup>2</sup>

Месяц	Сред.	Макс.	Мин.	25-процентиль	50-процентиль	75-процентиль	90-процентиль	95-процентиль
Декабрь	5,04	16,93	0,76	3,05	4,68	6,6	8,65	9,94
Январь	4,52	12,34	0,83	2,65	4,39	6,01	7,56	8,44
Февраль	6,35	18,94	1,17	3,75	6,27	8,44	10,59	11,87
Март	6,31	18,54	0,56	3,23	6,37	8,56	10,63	12,01
Апрель	2,04	5,37	0,59	1,38	2,02	2,58	3,14	3,53
Май	2,05	5,18	0,62	1,35	2,01	2,62	3,19	3,59
Июнь	2,21	5,56	0,69	1,54	2,11	2,75	3,46	3,87
Июль	2,42	6,24	0,75	1,67	2,29	3,03	3,83	4,31
Август	2,2	5,81	0,74	1,53	2,06	2,73	3,48	3,89

Согласно результатам статистической обработки (таблица 1) во все месяцы мониторинга максимальные уровни ППЭ превышали средние уровни в 2,5 раза и более, тогда как минимальные уровни практически не изменялись и характеризовали общий электромагнитный фон, не зависящий от работы систем сотовой связи. Кроме того, наблюдалось значительное снижение уровней ЭМП в апреле и позже по сравнению с предшествующими месяцами, что, возможно, связано с изменением конфигураций сетей или сезонной изменчивостью предпочтений пользователей мобильной связи. Параметры вариации уровней ЭМП на основе процентилей позволяют оценить вероятность превышения порогового уровня. Например, по данным за февраль и март, когда были зафиксированы наибольшие

значения ППЭ, уровни ЭМП с вероятностью 95 % не превышали 11,87–12,01 мкВт/см<sup>2</sup>, а предельно допустимый уровень (10 мкВт/см<sup>2</sup>) для населения превышался с вероятностью 10 % в те же сроки.

Представленные результаты пилотных исследований в первую очередь позволяют сопоставить динамику уровней ЭМП в различные временные интервалы (время суток, дни, месяцы и т. п.), детализировать особенности условий экспозиции фактора человека, оценить вероятность превышения предельно допустимых уровней и выделить в общем электромагнитном фоне компоненты, связанные с эксплуатацией систем сотовой связи. Разработанная система мониторинга в дальнейшем потребует доработки в связи с необходимостью расширения объемов исследования и подключения нескольких станций мониторинга для охвата больших территорий, в частности, для мониторинга ЭМП вблизи социально значимых объектов, мест длительного пребывания населения, образовательных и общественно-деловых учреждений и т. п. Для более детальной информации об условиях экспозиции, а также по контролю отдельных источников излучений в рамках мониторинга ЭМП необходимо внедрение селективных подходов.

## Литература

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. — 340 с.

2. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: санитар. нормы и правила СанПиН 1.2.3685–21: утв. Постановлением № 2 Гл. гос. санитар. врача РФ 29.01.2021. — Режим доступа: <https://base.garant.ru/400274954/>. — Дата доступа: 02.09.2022.

3. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий [Электронный ресурс]: санитар. нормы и правила СанПиН 1.2.3684–21: утв. Постановлением № 3 Гл. гос. санитар. врача РФ 28.01.2021. — Режим доступа: <https://base.garant.ru/400289764/>. — Дата доступа: 02.09.2022.

4. Monitoring of electromagnetic field levels: Recommendation ITU-T K.83. — [Geneva], 2022. — 44 p.

Поступила 07.09.2022

## СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРЕХАХ И СЕМЕНАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

Плешкова А.А., [spectrometric@rspch.by](mailto:spectrometric@rspch.by),  
Велентей Ю.Н., [spectrometric@rspch.by](mailto:spectrometric@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Орехи и семена являются источниками витаминов, макро- и микроэлементов и других питательных веществ. Содержащиеся в орехах и семенах химические элементы играют важную роль в обменных процессах организма человека, участвуют в построении костной ткани, регуляции водно-солевого и кислотно-щелочного равновесия, входят в состав ферментных систем. Орехи считаются прекрасным средством для профилактики онкологических заболеваний и стимуляции работы мозга. Они улучшают здоровье щитовидной железы, помогают образованию гемоглобина. Орехи и семена различных растений имеют неодинаковый минеральный состав.

Целью данного исследования являлось проведение сравнительного анализа содержания основных минеральных элементов в различных видах орехов и семян, наиболее востребованных населением Республики Беларусь.

Для работы были выбраны грецкий орех, фундук сырой, кешью сырой, миндаль сырой, арахис сырой, фисташки, кедровые орехи сырые, а также семена подсолнечника и тыквы сырые. В ходе работы было исследовано 45 образцов орехов и семян (по 5 образцов каждого вида) различных производителей, представленных на рынке Республики Беларусь.

Содержание калия, магния, кальция, фосфора, железа, цинка, селена, меди в данных объектах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после минерализации образцов.

Пробоподготовку образцов проводили с использованием системы микроволновой минерализации Mars 5 (SEM Corporation, USA). Масса навески образцов составляла 0,4–0,5 г. Окислителем являлась смесь концентрированной азотной кислоты в количестве 8 см<sup>3</sup> и перекиси водорода в количестве 2 см<sup>3</sup>. Через 12 часов после добавления окислительной смеси проводили минерализацию образцов при воздействии повышенных температуры и давления: мощность — 1600 W; время подъема давления — 10 мин.; давление — 220 psi; температура — 180 °C; время выдержки при заданных параметрах — 20 мин. Полученные растворы охлаждали и доводили до объема 25 см<sup>3</sup> бидистиллированной водой.

Измерения проводили на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой iCAP 7200 (Thermo Fisher Scientific). Использовали следующие параметры прибора: спектральный диапазон — 166–847 нм; фокусное расстояние — 0,383 м; спектральное разрешение, не более — 7 нм; относительное среднеквадратичное отклонение результатов измерений, не более — 2%; распылительный поток — 0,65 дм<sup>3</sup>/мин; вспомогательный поток — 0,50 дм<sup>3</sup>/мин.

Содержание химических элементов в образцах определяли как среднее из трех измерений ( $p \leq 0,05$ ). Результаты исследований представлены таблице 1, где приведены средние значения содержания макро- и микроэлементов в 5 образцах для каждого исследуемого вида орехов и семян.

Таблица 1 — Среднее содержание макро- и микроэлементов в исследуемых образцах орехов и семян

Вид орехов и семян	Калий, мг/100 г	Магний, мг/100 г	Кальций, мг/100 г	Фосфор, мг/100 г	Железо, мг/100 г	Цинк, мг/100 г	Селен, мкг/100 г	Медь, мг/100 г
Семена тыквы	798,0	572,0	43,0	1103,0	8,8	7,0	9,5	1,5
Семена подсолнечника	634,0	298,0	341,0	511,0	7,0	5,0	55,0	1,8
Фисташки	1012,0	118,0	102,0	490,0	3,8	2,1	7,0	1,3
Арахис	643,0	178,0	74,0	351,0	5,0	3,0	7,2	1,2
Миндаль	804,0	214,0	284,0	428,0	3,7	2,5	2,8	0,1
Кедровый орех	563,0	248,0	19,0	598,0	5,8	6,2	0,8	1,4
Кешью	579,0	262,0	40,0	189,0	4,2	5,6	10,8	2,4
Фундук	612,0	189,0	128,0	245,0	4,8	2,6	2,6	1,8
Грецкий орех	408,0	136,0	77,0	314,0	2,5	2,1	4,7	0,5

Калий является основным внутриклеточным ионом. Он участвует в процессе проведения нервных импульсов, способствует деятельности головного мозга, улучшая снабжение его кислородом. Оказывает положительное влияние при многих аллергических состояниях, снижает артериальное давление крови [1]. Во всех исследуемых образцах орехов и семян из изучаемых макроэлементов в наибольшем количестве содержался калий. Наибольшее количество калия обнаружено в фисташках — 1012,0 мг/100 г. Так же высоко его содержание было в миндале и семенах тыквы — 804,0 мг/100 г и 798,0 мг/100 г соответственно. В остальных орехах и семенах содержание данного элемента находилось на уровне 408,0–643,0 мг/100 г.

Незаменимым пищевым макроэлементом, имеющим особое значение для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма, является кальций, который представляет собой один из основных компонентов костной ткани. Этот элемент играет большую роль во многих внутри- и внеклеточных процессах, в том числе в сократительной функции сердечной и скелетных мышц, нервной проводимости, регуляции активности ферментов, действии многих гормонов [2]. Как показали исследования, самый высокий уровень содержания кальция из всех исследованных образцов имели семена подсолнечника — 341,0 мг/100 г. Большое содержание этого элемента было обнаружено также в миндале — 284,0 мг/100 г. В остальных исследуемых образцах содержание кальция находилось на уровне 40,0–128,0 мг/100 г. Минимальным содержанием кальция среди всех исследуемых образцов резко выделялись кедровые орехи — 19,0 мг/100 г.

Магний — универсальный регулятор биохимических и физиологических процессов в организме. Данный элемент в качестве кофактора обеспечивает функциональную активность около 300 ферментов [3]. Нами показано, что особенно высокое содержание магния обнаружено в семенах тыквы —

572,0 мг/100 г. Уровень содержания магния в других проанализированных орехах и семенах составлял 118,0–298,0 мг/100 г.

Уровень содержания фосфора в большинстве исследованных образцов находился в пределах 314–598 мг/100 г. В фундуке и кешью содержание фосфора было 245,0 мг/100 г и 189,0 мг/100 г соответственно, в семенах тыквы — 1103,0 мг/100 г.

Железо входит в состав гемоглобина, участвует в образовании клеток крови, улучшает усвояемость витаминов группы В, влияет на уровень лейкоцитов в крови, а также выполняет другие задачи, не менее важные для метаболизма и поддержания процессов жизнедеятельности [4]. Уровень содержания железа в исследуемых образцах орехов находился в пределах 2,5–5,0 мг/100 г. В семенах подсолнечника и тыквы содержание железа было существенно выше, чем в образцах орехов, и составляло соответственно 7,0 и 8,8 мг/100 г.

Цинк является важным микроэлементом, необходимым для правильного роста, свертывания крови, функции щитовидной железы, а также синтеза белка и ДНК. Содержание данного химического элемента в исследуемых образцах находилось в пределах 2,1–2,63 мг/100 г. При этом кешью, кедровый орех, а также семена подсолнечника и тыквы содержат цинка в 2 раза больше (5,0–7,0 мг/100 г), чем остальные исследуемые образцы.

Селен относится к числу эссенциальных микроэлементов. Данный химический элемент является необходимым компонентом антиоксидантной системы организма, защищающей липиды клеточных мембран от перекисного разрушения, которое патогенетически связано с возникновением многих заболеваний. Эпидемиологическими исследованиями установлена связь между низким содержанием селена в продуктах питания и повышенным риском возникновения сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний [5]. В наших исследованиях уровень содержания селена в орехах находился в пределах 2,6–10,8 мкг/100 г, при этом в семенах подсолнечника был существенно выше — 55,0 мкг/100 г.

В биохимии человека медь является кофактором многих ферментов, поэтому играет важную роль в широком спектре физиологических процессов, включая утилизацию железа, устранение свободных радикалов, развитие костей и соединительных тканей, производство меланина и др. Проведенное исследование содержания данного элемента в орехах и семенах показало, что практически все виды орехов и семян богаты данным микроэлементом (1,2–2,35 мг/100 г). Исключение составили лишь миндаль и грецкий орех, в которых содержание меди было значительно ниже (0,1 мкг/100 г и 0,5 мкг/100 г соответственно). Наиболее богатым источником данного элемента являются кешью, фундук и семена подсолнечника.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наибольшее количество калия содержится в фисташках, миндале и семенах тыквы. Наиболее богатыми по содержанию магния и фосфора являются семена тыквы. Максимальное содержание кальция находится в семенах подсолнечника и миндале. Семена подсолнечника также являются лидерами по содержанию селена. Самым богатым источником железа являются семена тыквы и семена подсолнечника. Кешью, фундук и семена подсолнечника содержат в своем составе наибольшее количество меди. Семена тыквы и подсолнечника, кедровый орех, кешью превосходят по содержанию цинка остальные исследованные орехи.

## Литература

1. *Спиричев, В. Б.* Дефицит микронутриентов и отечественные продукты лечебно-профилактического питания для его коррекции / В. Б. Спиричев. — М., 1998. — 32 с.
2. *Позняковский, В. М.* Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров / В. М. Позняковский. — Новосибирск, 1996. — 430 с.
3. *Вислый, А. А.* Роль магния в регуляции физиологических процессов в организме [Электронный ресурс] / А. А. Вислый. — Режим доступа: <http://www.mif-ua.com/archive/article/4762>. — Дата доступа: 01.09.2022.
4. Железо в крови: как определяется, значение [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [www.bioniq.com/ru/media/post/analiz-krovi-zhelezo](http://www.bioniq.com/ru/media/post/analiz-krovi-zhelezo). — Дата доступа: 01.09.2022.
5. *Ермаков, В. В.* Биологическое значение селена / В. В. Ермаков, В. В. Ковальский. — М.: Наука, 1974. — 298 с.

Поступила 14.09.2022

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЛЬТРАНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СВИНЦА В ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Родионов А. С., rodionovas@ffersiman.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Лакокрасочные материалы представляют собой совокупность отделочных строительных материалов на органической и неорганической основе, образующих на обрабатываемой поверхности пленку с заданными свойствами. Основными компонентами лакокрасочных материалов являются пленкообразующее вещество и пигменты, определяющие эстетические и декоративные свойства. Кроме того, в состав лаков и красок могут входить различные растворители, регулирующие вязкость, отвердители, способствующие ускорению высыхания, наполнители и различные специальные добавки. Именно эти компоненты, имеющие в своем составе легколетучие органические составляющие, представляют наиболее очевидную угрозу для здоровья рабочих-маляров при их применении и людей, длительное время находящихся в обработанных ранее помещениях.

В отдельную группу, с точки зрения токсикологической опасности, выделяют пигменты. Пигменты представляют собой нерастворимые в дисперсионных средах высокодисперсные вещества. В лакокрасочной промышленности пигменты применяют при изготовлении эмалей, красок, грунтовок, шпатлевок и некоторых других пигментированных материалов. В качестве пигментов могут использоваться различные органические вещества, отдельные элементы, их соли и оксиды, из которых наиболее выраженным токсическим действием обладают соединения свинца.

По степени воздействия на живые организмы свинец отнесен к классу высокоопасных веществ наряду с мышьяком, кадмием, ртутью, селеном, цинком, фтором и бенз(а)пиреном [1]. Опасность свинца для человека определяется его значительной токсичностью и способностью накапливаться в организме. Поступив в кровь человека, свинец связывается с белками и циркулирует в крови в виде альбумината свинца. Неорганические соединения свинца, проникающие в организм человека через респираторный тракт, оседают в альвеолах, а затем попадают в малый круг кровообращения. В результате поступления свинца в кровь происходит нарушение работы эритроцитов, а более длительная интоксикация приводит к депонированию свинца в костях, печени и почках. В меньшей степени свинец откладывается в селезенке, головном мозге, лимфоузлах [2].

Установлено, что свинец, депонированный в костной ткани в виде нерастворимого соединения, под влиянием неблагоприятных факторов среды обитания (алкоголизм, инфекция, изменения пищевого режима и др.) может переходить в растворимую форму, повторно поступая в ток крови и вызывая обострение процесса интоксикации. Выведение свинца из организма занимает длительный срок (от нескольких месяцев до нескольких лет). Экскреция свинца происходит преимущественно через кишечник и почки, а также с потом и грудным молоком, слюной [3]. Ведущая роль среди патогенетических механизмов свинцовой интоксикации принадлежит нарушениям биосинтеза порфиринов и гема. В зависимости от тяжести заболевания в клинической картине хронической свинцовой интоксикации могут преобладать синдромы поражения крови, нервной системы, желудочно-кишечного тракта и печени [4].

Высокая опасность соединений свинца обуславливает актуальность тщательного контроля его низких концентраций без идентификации вида соединений в различных объектах окружающей среды, в том числе и в продуктах производства лакокрасочной промышленности.

Установленные в проекте Технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности лакокрасочных материалов» (далее — ТР ЕАЭС) требования к нормативам содержания химических веществ, относящихся к 1-му классу опасности (включая металлы), составляющим 0,5 % в пересчете на сухой остаток, с поэтапным переходом к установлению единого нормативного предела 0,009 % (90 ppm), обуславливают наличие прецизионных методов определения свинца в лакокрасочных материалах с низкими пределами обнаружения (45 ppm). Принятие предлагаемого норматива, соответствующего наиболее жесткому ограничительному стандарту в мире, должно привести к снижению общей токсической нагрузки на население, вызванной высоким содержанием соединений свинца в лаках и красках.

Наиболее популярным методом определения свинца на территории Российской Федерации является метод плазменной атомно-абсорбционной спектроскопии. Однако описанный метод не позволяет определять свинец на уровнях ниже 100 ppm и помимо того может подвергаться большому влиянию матричных эффектов и неселективного поглощения при работе со сложными матрицами, такими как лакокрасочные материалы.

С учетом указанных проблем наиболее перспективным представляется применение метода атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией.

Основной целью настоящей работы являлась разработка методических подходов к пробоподготовке и анализу лакокрасочных материалов, позволяющих производить прецизионное определение свинца на уровнях не выше 45 ppm с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией.

Для разработки методики определения свинца с использованием данной техники были выбраны девять различных образцов краски, различающихся по назначению и составу. В число исследуемых образцов входили:

- водно-дисперсионные акриловые краски для защитно-декоративной отделки;
- усиленные силоксаном краски, имеющие в составе дисперсионно-акриловый полимер;
- универсальные алкидные эмали по дереву и металлу;
- латексные краски для интерьерных поверхностей;
- быстросохнущие эмали по ржавчине.

При этом изучаемые образцы представляли собой как белые беспигментные краски, так и серые, и светло-бежевые.

Первым этапом пробоподготовки является получение сухой стружки из исследуемых лакокрасочных материалов. Для этого жидкие образцы краски наносили на лист шлифованной фанеры, при этом площадь окрашиваемой поверхности составляла 900 см<sup>2</sup>. Нанесение образцов производилось в три слоя, затем окрашенную фанеру высушивали в обеспыленном помещении в течение 2 суток. Сухую стружку с поверхности собирали шпателем в промаркированные индивидуальные полипропиленовые контейнеры. Обязательным условием являлось отсутствие повреждений окрашиваемой поверхности при отборе образцов. До последующей пробоподготовки образцы хранили в полипропиленовой таре при комнатной температуре (в темноте).

Получение более высокой гомогенизации отобранной стружки осуществляли путем ее высушивания при температуре 130 °С в муфельной печи до достижения абсолютно сухого состояния и последующего растирания в фарфоровой ступке.

Минерализацию образцов осуществляли при помощи системы микроволновой пробоподготовки МС-6 (ООО «НТФ «Вольта», г. Санкт-Петербург). Образцы краски массой около 0,1 г (точная величина навески фиксировалась) помещали во фторопластовый реакционный сосуд установки, вносили 4 см<sup>3</sup> азотной кислоты 65 % ос.ч и 1 см<sup>3</sup> деионизированной воды. Емкость с пробой выдерживали до окончания протекания бурной реакции не менее 15 минут, после этого сосуд с пробой закрывали и устанавливали в камеру микроволновой установки в соответствии с руководством по эксплуатации системы. Условия микроволнового разложения представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Условия микроволновой минерализации образцов лакокрасочных материалов

Стадия	Максимальная температура, °С	Максимальное давление, атм	Время выдержки, мин.
I	110	15	10
II	180	18	10
III	220	20	5
IV	220	25	5

По окончании процесса разложения реакционный сосуд охлаждали в закрытом состоянии, не вынимая из установки для минерализации, до температуры, близкой к комнатной. Среднее время охлаждения составляло 30–40 мин. Охлажденный сосуд с минерализованной пробой извлекали и помещали в вытяжной шкаф, открывали, устанавливали на орбитальный лабораторный шейкер и выдерживали в течение 10 мин. до прекращения видимого выделения окислов азота и обесцвечивания раствора минерализата. Прозрачный минерализат количественно переносили в полипропиленовые центрифужные пробирки емкостью 50 см<sup>3</sup> и доводили объем раствора до 25 см<sup>3</sup> деионизированной водой I степени чистоты по ГОСТ Р 52501–2005 [5], свежеприготовленной и полученной при помощи системы очистки воды Milli-Q Integral 5 (Merck, Германия).

Полученные растворы центрифугировали в течение 10 мин. при скорости вращения ротора 10 000 об/мин. Затем, растворы декантировали от осадка в чистые полипропиленовые пробирки емкостью 50 см<sup>3</sup> (конечный объем раствора составлял 25 см<sup>3</sup>).

В соответствии с описанной процедурой готовили по два параллельных образца каждого типа краски.

Измерение содержания свинца проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией на спектрофотометре ContrAA 800-D (Analytik Jena GmbH, Германия). В качестве источника внешнего излучения использовали ксеноновую короткодуговую лампу сплошного спектра. Измерения проводили на длине волны 283,3060 нм, учет неселективного поглощения осуществляли с помощью измерения поглощения на длине волны вблизи атомной линии поглощения. Измерения проводили при использовании трех оценочных пикселей. Ввод пробы осуществляли автоматически в кювету с платформой, объем вводимой пробы составлял 20 мм<sup>3</sup>. Температурный режим электротермической атомизации: высушивание — 20 сек. при температуре 80 °С, 20 сек. при температуре 90 °С, 10 сек. при температуре 110 °С, озоление — 20 сек. при температуре 350 °С и 10 сек. при температуре 850 °С, атомизация — 4 сек. при температуре 1900 °С, отжиг — 4 сек. при температуре 2450 °С.

Разработанная методика была валидирована на 20 модельных образцах краски интерьерной, водно-дисперсионной, матовой с внесением свинца на уровнях от 9 до 90 ppm. Предел количественного определения метода, оцениваемый как 10-кратная величина стандартного отклонения аналитического сигнала испытываемого образца, составил 9 ppm. Полнота извлечения составила 78–108 % при величине среднего квадратичного стандартного отклонения 4,6 % в диапазоне массовых концентраций свинца в краске от 9 ppm до 90 ppm.

Полученные в результате валидации метрологические характеристики методики позволяют сделать вывод о пригодности методики для контроля содержания свинца в красках на уровнях в 10 раз ниже норматива, установленного в ТР ЕАЭС. Дальнейшее снижение предела количественного определения неактуально и ограничено многократно возрастающей величиной ошибки определения.

Таким образом, результаты практической апробации метода атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией для определения свинца в лакокрасочных материалах показывают пригодность аналитической процедуры для целей гигиенического контроля. Микроволновая минерализация позволяет расширить универсальность предлагаемого метода для образцов лаков и красок, даже кардинально различающихся по составу и свойствам. В то же время возможность реализации процесса разложения не ограничивается только описанной выше моделью микроволновой системы: может использоваться оборудование других производителей с подбором условий в соответствии с рекомендациями, указанными в руководстве по эксплуатации.

Применение предлагаемого метода в целях выполнения требований ТР ЕАЭС «О безопасности лакокрасочных материалов» позволит оградить рынок лакокрасочных материалов в ЕАЭС от некачественной продукции.

## Литература

1. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02–83. — Введ. 01.01.1985. — М.: Стандартинформ. — 4 с.
2. Хроническая свинцовая интоксикация [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.10gkb.by/informatsiya/stati/khronicheskaya-svintsovaya-intoksikatsiya-saturnizm>. — Дата доступа: 04.09.2022.
3. Опасность хронических отравлений свинцом для здоровья населения / Г.В. Шестова [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. — 2012. — № 4 (42). — С. 65–76.
4. Зорина, Л.А. Клиника, диагностика, лечение и профилактика свинцовых отравлений / Л.А. Зорина. — М.: Медицина, 1965. — 60 с.
5. Вода для лабораторного анализа. Технические условия: ГОСТ Р 52501–2005. — Введ. РФ 01.01.2007. — М.: Стандартинформ. — 7 с.

Поступила 06.09.2022

# РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИ АТТЕСТОВАННОЙ МЕТОДИКИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРОУГЛЕРОДА В ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СКРИНИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Саракач О.В., *chromatographic@rspch.by*,  
Крымская Т.П., *chromatographic@rspch.by*,  
Докутович А.И., *chromatographic@rspch.by*,  
Буневич Н.В., к.х.н., *rspch@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Сероуглерод (далее —  $CS_2$ ) (CAS 75–15–0) считается одним из главных загрязнителей сточных вод, образующихся в результате деятельности нефтеперерабатывающих или производящих искусственное волокно, четыреххлористый углерод, тиоцианаты, оптическое стекло, резиновые изделия, кокс предприятий, а также средства для борьбы с вредителями и сорными растениями. Из сточных вод сероуглерод может попадать в питьевую воду.

Содержание сероуглерода в воде водных объектов регламентируется Гигиеническими нормативами 2.1.5.10–21–2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и составляет 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. Предельно допустимые концентрации (далее — ПДК) сероуглерода в питьевой воде составляют 1,0 мг/дм<sup>3</sup> в соответствии с требованиями Гигиенического норматива «Показатели безопасности питьевой воды».

$CS_2$  обладает выраженными кумулятивными свойствами и относится к нейротропным ядам.

Для определения сероуглерода в воде, воздухе и других объектах используют различные методы, такие как хроматографические, спектрофотометрические, масс-спектрофотометрические. Основными преимуществами традиционных спектрофотометрических методов перед другими являются простота их использования, эффективность и экономичность. Среди спектрофотометрических методов, согласно литературным данным, можно выделить следующие.

Метод фотометрического определения сероуглерода после его сорбции апротонным N, N-диметилформамидом с последующим взаимодействием полученного экстракта с гидроксидом аммония [1]. Для получения окрашенного соединения используют 5,5'-дитиобис-(2-нитробензойную кислоту) и тетразолий хлорид. Растворы фотометрируют при 500 и 520 нм соответственно (предел обнаружения составляет 0,4 мг/м<sup>3</sup>).

Существует также иод-азидный метод [2], который основан на окислении азид натрия трийодидом с последующим фотометрическим определением. Трийодид окисляет азид натрия в кислой среде, реакция протекает достаточно медленно, инициирование реакции происходит в присутствии следовых количеств сероуглерода. Реакцию проводят спектрофотометрически, наблюдая за уменьшением поглощения реакционной смеси при 350 нм с фиксированным временем 0,5–3,0 минуты от начала реакции. Оптимальные условия для проведения данной реакции следующие:  $t = 30$  °С,  $pH = 2,5$ , концентрация трийодида 0,1 ммоль/дм<sup>3</sup>, концентрация азид натрия 0,25 моль/л. Скорость окисления азид натрия — это линейная функция от содержания  $CS_2$  в диапазоне концентраций от 0,020 до 1,80 мкг/см<sup>3</sup>, при использовании оптимальных концентраций реагентов (устанавливается экспериментально) и pH.

В литературе [3] описан чувствительный спектрофотометрический метод, основанный на взаимодействии  $CS_2$  с малахитовым зеленым для его определения в фунгицидах. Полученный ксантогенат обрабатывают йодатом калия и N-хлорсукцинимидом, при этом выделяется свободный йод. Максимум поглощения (далее —  $\lambda_{max}$ ) окрашенной системы наблюдают при 610 нм. Закон Бера выполняется в диапазоне 0,7–7 мкг на 25 см<sup>3</sup> раствора.

Другой метод [4] основан на восстановлении  $Cr^{6+}$  до  $Cr^{3+}$ , после чего оставшийся (невосстановленный)  $Cr^{6+}$  образует розовое окрашенное соединения с дифенилкарбазидом в кислой среде. Измерения проводят при длине волны, равной 530 нм. Данный метод позволяет определять сероуглерод в диапазоне от 0,01 до 0,1 мкг/см<sup>3</sup> и успешно используется для определения сероуглерода в образцах зерна, фунгицидах, различных биологических образцах.

Известны некоторые частные методы определения сероуглерода. Предлагают для определения сероуглерода в объектах окружающей среды использовать лазерный доплеровский вибротометр, ко-

торый генерирует оптоакустический сигнал, интенсивность которого пропорциональна концентрации сероуглерода.

Таким образом, для определения сероуглерода применяются различные методы, однако отсутствует их метрологическое подтверждение.

Цель работы — разработка метрологически аттестованной методики выполнения измерений концентрации сероуглерода в воде, позволяющей контролировать безопасность питьевых, природных и сточных вод; проведение скрининговых исследований и оценка содержания сероуглерода в водах различного назначения на территории Республики Беларусь.

Объектами исследований являлись: питьевые, природные, производственные сточные воды, модельные растворы, вода дистиллированная.

Для разработки методики определения сероуглерода в воде был выбран фотометрический метод, который является более доступным и менее затратным по сравнению с газохроматографическими. Методика основана на реакции сероуглерода, выделенного из проб воды экстракцией органическим растворителем, с диэтиламином и ацетатом меди и измерением оптической плотности образовавшегося соединения — диэтилдитиокарбамата меди [5].

В качестве средств аттестации методики выполнения измерений использованы модельные пробы: стандартные растворы с различной массовой концентрацией сероуглерода в растворе для установления градуировочных характеристик, пробы питьевой и сточной воды с внесением точной массовой концентрации сероуглерода для оценки показателей прецизионности и правильности.

При выборе длины волны на фотоэлектроколориметре руководствовались окраской раствора диэтилдитиокарбамата меди в бензоле. Желтому цвету раствора соответствует «синий светофильтр» с диапазоном волн 435–480 нм. Для установления максимума светопоглощения диэтилдитиокарбамата меди раствор с содержанием сероуглерода в бензоле ( $0,1 \text{ мг/см}^3$ ) измеряли при длине волны в данном диапазоне с шагом, равным 5 нм, и установили, что наибольший отклик оптической плотности соответствовал длине волны, равной 450 нм. Измерения проводили на фотометре КФК-3-01-«ЗОМЗ», использовали кювету с длиной оптического пути 10 мм.

Растворимость сероуглерода в воде незначительная и составляет  $0,29 \text{ г/100 см}^3$  при  $20^\circ\text{C}$ , однако он хорошо растворим в органических растворителях. В связи с этим была изучена эффективность извлечения сероуглерода из воды различными органическими растворителями: бензолом, гексаном, хлороформом. Для этого готовили серию модельных растворов на дистиллированной воде, содержащих  $0,5$ ;  $0,75$ ;  $1,0$ ;  $1,25 \text{ мг/дм}^3$  сероуглерода соответственно. Отбирали по  $1 \text{ дм}^3$  модельных растворов, помещали в делительную воронку и проводили трехкратную экстракцию в течение 3 минут органическими растворителями в соотношении объемов анализируемой пробы воды и органического растворителя  $40 : 1$ , затем определяли концентрацию сероуглерода, добавляя к  $1 \text{ см}^3$  экстракта  $3 \text{ см}^3$  1%-ного раствора диэтиламина и  $1 \text{ см}^3$  0,05%-ного ацетата меди с последующим перемешиванием. Оптическую плотность полученных растворов измеряли через 10 минут в кювете с длиной оптического пути, равной 10 мм, в качестве раствора сравнения использовали  $1 \text{ см}^3$  растворителя с добавлением диэтиламина и ацетата меди. Предварительно были построены градуировочные графики зависимости оптической плотности растворов сероуглерода в бензоле, гексане, хлороформе от его концентрации в диапазоне  $0,01$  до  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ . Графики были идентичны и имели коэффициент корреляции  $R^2$  не менее  $0,99$ . Исследования показали, что наибольшая степень извлечения сероуглерода из воды достигается при экстрагировании бензолом и составляет 48%. В связи с этим в качестве экстрагента в разработанной методике было предложено использовать бензол. Учитывая, что степень извлечения при экстрагировании сероуглерода из воды органическими растворителями не превышает 50%, градуировочный график строили с использованием градуировочных растворов после предварительной экстракции бензолом. Были приготовлены градуировочные растворы, содержащие от  $0,5$  до  $1,50 \text{ мг/дм}^3$  сероуглерода в воде. Градуировочный раствор объемом  $1 \text{ дм}^3$  помещали в делительную воронку и проводили трехкратную экстракцию в течение 3 минут бензолом порциями дважды по  $10 \text{ см}^3$  и один раз по  $5 \text{ см}^3$ . Полученные экстракты объединяли и доводили бензолом точно до  $25 \text{ см}^3$ . Отдельно в градуированную пробирку с притертой пробкой вносили  $3 \text{ см}^3$  1%-ного диэтиламина, прибавляли  $1 \text{ см}^3$  полученного бензольного экстракта,  $1 \text{ см}^3$  0,05%-ного ацетата меди, затем, закрыв пробирку пробкой, тщательно перемешивали. Через 10 минут измеряли оптическую плотность полученного раствора.

Расчет градуировочного графика проводился методом наименьших квадратов. Коэффициент корреляции составляет  $0,99$ , что удовлетворяет критерию линейности.

Были проведены исследования по влиянию высаливания при экстракции сероуглерода из воды. Для этого в водные растворы добавляли сульфат аммония и хлорид натрия.

Исследования проводили на модельных растворах с концентрацией сероуглерода в воде 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. В делительные воронки отбирали по 1 дм<sup>3</sup> модельного раствора и проводили экстракцию бензолом, как указано выше. В первой делительной воронке экстракцию проводили без высаливания (контрольная проба), во второй — с добавлением 10 г сульфата аммония, в третьей — с добавлением 40 г сульфата аммония. Таким же образом проводили серию испытаний с добавлением натрия хлористого в тех же количествах. Полученные результаты исследования показали, что увеличения степени экстракции сероуглерода из воды не наблюдалось.

Для уменьшения времени, затрачиваемого на пробоподготовку, уменьшения расхода реактивов использовали однократную экстракцию сероуглерода из воды в цилиндре на 100 см<sup>3</sup> с притертой пробкой с увеличением времени экстрагирования с 3 до 10 минут. Соотношение объемов анализируемой пробы воды и органического растворителя составляло 40 : 1.

Модельные растворы воды с концентрацией сероуглерода 0,5 мг/дм<sup>3</sup> и 1,0 мг/дм<sup>3</sup> объемом 80 см<sup>3</sup> вносили в мерные цилиндры на 100 см<sup>3</sup> с притертой пробкой, добавляли в каждый 2 см<sup>3</sup> бензола и проводили экстракцию в течение 10 минут. Далее проводили реакцию с образованием окрашенного соединения: в градуированную пробирку с притертой пробкой вносили 3 см<sup>3</sup> 1%-ного раствора диэтиламина, прибавляли 1 см<sup>3</sup> полученного бензольного экстракта, 1 см<sup>3</sup> 0,05%-ного раствора ацетата меди, после чего, закрыв пробирку пробкой, тщательно перемешивали и через 10 минут измеряли оптическую плотность полученного раствора. Содержание сероуглерода в анализируемой пробе воды концентрацией 0,5 мг/дм<sup>3</sup> составило 0,48 мг/дм<sup>3</sup>, 1–1,1 мг/дм<sup>3</sup>. Таким образом, было показано, что для определения сероуглерода можно использовать однократную экстракцию бензолом при вышеуказанных условиях.

Для установления селективности методики изучено влияние углеводов, галоген- и азотсодержащих веществ на определение сероуглерода. Проведены исследования, для которых выбран образец сточной воды с известным содержанием загрязняющих веществ: сероводорода — 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, азота аммонийного — 4,4 мг/дм<sup>3</sup>, сульфатов — 53,4 мг/дм<sup>3</sup>, хлоридов — 24,21 мг/дм<sup>3</sup>, фенолов — 0,062 мг/дм<sup>3</sup>, анионоактивных поверхностно-активных веществ — 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Исследования по определению сероуглерода проведены согласно вышеуказанным условиям в двух образцах: образец № 1 — реальный образец загрязненной сточной воды; образец № 2 — реальный образец загрязненной сточной воды с внесением сероуглерода концентрацией 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. В результате проведенных исследований содержание сероуглерода в образце № 1 не было обнаружено; в образце № 2 сероуглерод определен в концентрации 0,92 мг/дм<sup>3</sup>. Полученные результаты свидетельствуют о том, что содержание в воде таких веществ, как сероводород, азотсодержащие вещества, сульфаты, хлориды, фенолы, анионоактивные поверхностно-активные вещества, не оказывает влияния на определение сероуглерода.

В результате проведенных исследований разработана методика определения сероуглерода в питьевых и природных водах. Методика заключается в проведении однократной экстракции сероуглерода бензолом в течение 10 минут при соотношении объемов анализируемой пробы воды и органического растворителя 40 : 1, проведении реакции с диэтиламином и ацетатом меди, в результате которой измеряется оптическая плотность окрашенного раствора диэтилдитиокарбамата меди при длине волны 450 нм. Нижний предел измерения сероуглерода в воде — 0,5 мг/дм<sup>3</sup> (при отборе 80 см<sup>3</sup> воды).

Проведены набор статистических данных и обработка полученных результатов для установления метрологических характеристик методики. Диапазон измерения массовой концентрации сероуглерода согласно разработанной методике от 0,5 до 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. Показано, что для питьевой воды предел повторяемости составляет 18,2%, для сточной — 15,2%, предел промежуточной прецизионности равен 22,4% для питьевой воды, 25,5% — для сточной воды.

Проведены исследования 14 проб питьевой воды, отобранных в разных областях Республики Беларусь для оценки соответствия требованиям Гигиенического норматива «Показатели безопасности питьевой воды»: 5 образцов из артезианских скважин (Минская, Могилевская, Гомельская области), 3 образца воды из родников (Минская, Могилевская, Витебская области), 6 образцов из колодцев (Минская, Могилевская, Гродненская области). Содержания CS<sub>2</sub> во всех исследованных образцах на уровне чувствительности метода не обнаружено. Образцы соответствовали установленным требованиям по содержанию сероуглерода.

Проведены исследования по содержанию сероуглерода в 13 образцах воды из поверхностных водных объектов (рек) и производственных сточных вод предприятий, потенциально содержащих сероуглерод.

В исследованных образцах поверхностной воды сероуглерод был обнаружен на уровне 0,5 ПДК, равной 0,5 мг/дм<sup>3</sup> в водных объектах, испытывающих наибольшую технологическую нагрузку: р. Свислочь, д. Королищевичи; р. Лошица, г. Минск; р. Плиса, г. Жодино. В других образцах сточных вод сероуглерода на уровне чувствительности метода обнаружено не было.

Исследования образцов сточной воды также показали отсутствие в ней сероуглерода на уровне чувствительности методики. Это связано с тем, что образцы сточной воды отбирались в Минской области, где отсутствуют предприятия по производству вискозных волокон.

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать точную, высокоселективную и надежную методику, позволяющую определять сероуглерод на уровне 0,5 ПДК. Методика апробирована на образцах питьевых и сточных вод.

Разработанная методика формализована в методику выполнения измерений МВИ.МН 6319–2020 «Система обеспечения единства измерений. Массовая концентрация сероуглерода в воде. Методика выполнения измерений спектрофотометрическим методом».

## Литература

1. *Pitschmann, V.* Spectrophotometric Determination of Carbon Disulphide in the Workplace Air [Electronic resource] / V. Pitschmann, Z. Kobliha, I. Tušarová // Journal of Chemistry. — 2013. — Vol. 2013. — Mode of access: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2013/506780/>. — Date of access: 29.08.2022.

2. *Cheyne, S.A.* Concentration determination of a binary mixture of air and carbon disulfide gas using optoacoustics [Electronic resource] / S.A. Cheyne, W.C. McDermott, M.D. Rannals // Acoustics Research Letters Online. — 2004. — Vol. 5, iss. 2. — Mode of access: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1637051>. — Date of access: 29.08.2022.

3. *Ensafi, A.A.* Determination of trace amount of carbon disulfide in water by the spectrophotometric reaction-rate method / A.A. Ensafi, H. Rahimi Mansour, R. Majlesi // Anal. Sci. — 2003. — Vol. 19. — P. 1679–1681.

4. *Kaushilya, M.* Sensitive Spectrophotometric Method for the Determination of Thiram Fungicides and its Application in Environmental Samples / M. Kaushilya, K.A. Tiwari Kishore // Asian J. Res. Chem. — 2020. — Vol. 13, № 2. — P. 97–102.

5. *Лурье, Ю.Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. — М.: Химия, 1984. — С. 352.

Поступила 06.09.2022

## ИЗМЕРЕНИЕ ВОЗДУШНОГО УЛЬТРАЗВУКА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Скляр Д. Н., [d.sklyar@s-znc.ru](mailto:d.sklyar@s-znc.ru),  
Крийт В. Е., к. х. н., [v.kriit@s-znc.ru](mailto:v.kriit@s-znc.ru),  
Волчкова О. В., [4291907@gmail.com](mailto:4291907@gmail.com),  
Сладкова Ю. Н., [sladkova.julia@list.ru](mailto:sladkova.julia@list.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Санкт-Петербург, Россия

Акустическая волна ультразвукового диапазона, распространяющаяся в тканях человека, оказывает механическое, термическое и физико-химическое воздействие. Термическое воздействие связано с поглощением акустической энергии ультразвуковой волны тканями организма, приводящим к их локальному нагреву. Различные ткани поглощают ультразвук по-разному, так, в меньшей степени поглощение наблюдается в жировом слое, и почти в два раза больше энергии поглощается мышечной тканью. Серое и белое вещество головного мозга также отличается по степени поглощения ультразвуковой энергии. Механическое воздействие связано с природой акустической волны и при достаточно больших уровнях может приводить к повреждениям клеточных мембран [1].

На сегодняшний день широкое распространение в быту получают различные устройства (ингаляторы, увлажнители воздуха, ультразвуковые мойки, устройства для отпугивания грызунов и насекомых), в основе работы которых лежит генерация звука в ультразвуковом диапазоне. Рост количества эксплуатируемых населением источников ультразвука требует контроля его параметров в жилых и общественных зданиях. В настоящий момент методическое обеспечение измерений уровней ультразвука представляет собой либо морально устаревшие методики контроля на рабочих местах, либо методики измерений на рабочих местах при проведении специальной оценки условий труда, которые не учитывают специфику выполнения измерений в условиях жилых и общественных зданий.

Цель настоящей работы заключалась в разработке требований к организации инструментального контроля, порядку и условиям проведения измерений уровней звукового давления в ультразвуковом диапазоне в помещениях жилых и общественных зданий. Проект методики базируется на методах прямых измерений, внесенных в эксплуатационную документацию на применяемые средства измерения.

При проведении измерений следует учитывать, что на потери энергии звуковой волны и направление ее распространения оказывает влияние наличие на пути ее распространения сред с различным акустическим сопротивлением: твердых препятствий, слоев воздуха с различной температурой, движения слоев воздуха друг относительно друга, взвешенных частиц. Затухание волн при распространении в воздушной среде связано с рассеиванием и поглощением энергии звуковой волны и пропорционально ее частоте.

Поэтому для сохранения объективности измеренных значений с ростом частот излучаемых источником акустических волн становятся важными правильный выбор точек установки микрофона и его ориентация.

В действующих на сегодняшний день методиках ГОСТ 12.4.077–79 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Ультразвук. Метод измерения звукового давления на рабочих местах» и ГОСТ 12.1.001–89 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Ультразвук. Общие требования безопасности» на рабочих местах микрофон устанавливается на высоте 1,5 м от уровня основания (пола) при выполнении работ с источником ультразвука в положении стоя или на расстоянии 0,05 м от уха работника при выполнении работ в положении сидя. Между оператором и микрофоном должно быть расстояние не менее 0,5 м. В методике проведения измерений ультразвука МИ УВ.ИНТ-04.01–2018 «Уровень звукового давления. Методика измерений уровня звукового давления (параметров ультразвука воздушного) для целей специальной оценки условий труда» дополнительно уточняется, что ось чувствительности микрофона направляют в сторону источника ультразвука.

Данные подходы неприменимы при измерениях в жилых и общественных зданиях, где нет четко определенных рабочих мест, и может быть затруднительным определение источника ультразвука. Также эти подходы не дают объективной картины при проведении измерений уровней звукового давления в ультразвуковом диапазоне на рабочих местах при наличии нескольких источников ультразвука.

Для обеспечения объективности измеренных значений уровней звукового давления ультразвука в жилых и общественных зданиях в разрабатываемой методике предложено располагать микрофон на высоте 1,5 м от уровня пола на расстоянии 0,5 м от вертикальной оси, проходящей через источник ультразвука. Микрофон ориентируется в направлении наиболее вероятного воздействия. Выбор направления оси чувствительности микрофона проводится вращением средства измерения в горизонтальной плоскости на 360° и проведением измерений в нескольких направлениях. За направление наиболее вероятного воздействия ультразвука на человека принимается направление, на котором был зафиксирован максимальный уровень давления звука в ультразвуковом диапазоне частот [2]. При выполнении этих условий будут обеспечены наименьшие потери акустической энергии на пути следования ультразвуковой волны от источника до средства измерения.

Для уменьшения искажений, вносимых в результаты измерений ветрозащитой, в методике установлено ограничение на проведение измерений при скорости движения воздуха в точке установки микрофона более 1 м/с.

Источник ультразвука должен работать в режиме максимального излучения в течение всего времени проведения измерений. Случайные изменения в режимах работы источника ультразвука могут вносить значительный вклад в результаты измерений. Для его уменьшения проводится серия измерений (минимум три измерения в каждой точке для каждого представительного интервала), длительность каждого измерения не менее 5 минут при работающем источнике.

Влияние нелинейности амплитудно-частотной характеристики микрофонов в ультразвуковом диапазоне на результаты измерений учитывается путем внесения поправок в измеренные значения:

$$L_{p,f,izm.} = L_{p,f} + \Delta L_f, \quad (1)$$

где  $L_{p,f,izm.}$  — значение уровня звукового давления в третьоктавной полосе частот со среднегеометрической частотой  $f$  с учетом поправки на чувствительность микрофона (оценочный уровень), дБ;

$f$  — номинальная центральная частота третьоктавной полосы ( $f = 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100$ ), кГц;

$L_{p,f}$  — уровень звукового давления в октавной полосе частот с номинальной центральной частотой  $f$ , дБ;

$\Delta L_f$  — поправка на чувствительность микрофона в третьоктавной полосе частот с номинальной центральной частотой  $f$ , дБ.

Полученные откорректированные значения уровней звукового давления в каждой третьоктавной полосе усредняются. Для каждого измерения проводится расчет расширенной неопределенности. В качестве оценочного уровня принимается максимальное значение из всех результатов измерений для третьоктавных полос ультразвукового диапазона с учетом расширенной неопределенности.

Внедрение методических указаний, учитывающих данные особенности измерений ультразвука, позволит испытательным лабораториям/центрам проводить измерения параметров ультразвука в помещениях жилых и общественных зданий с минимальными потерями энергии звуковой волны ультразвукового диапазона и минимизацией вклада различных событий случайного характера и состояния окружающей среды, что увеличит объективность полученных уровней звукового давления. Также методические указания позволят органам инспекции проводить санитарно-гигиеническую экспертизу полученных результатов измерений на соответствие актуализированным гигиеническим нормативам.

## Литература

1. Шевченко, Е. В. Действие ультразвука на организм / Е. В. Шевченко, Н. А. Хлопенко // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). — 2006. — № 2. — С. 96–99.
2. Способ измерения воздушного ультразвука на рабочих местах, в жилых помещениях: Патент RU 2770435 / В. Е. Крийт, Ю. Н. Сладкова, В. В. Смирнов, О. В. Волчкова. — Оpubл. 18.04.2022.

Поступила 05.09.2022

## ПЕСТИЦИДЫ ГРУППЫ НЕМАТОЦИДОВ: МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ, АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И СМЫВАХ С КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ОПЕРАТОРОВ

Степанова Н. А., [stepanovana@fferisman.ru](mailto:stepanovana@fferisman.ru),  
Добрев С. Д., [dobrevsd@fferisman.ru](mailto:dobrevsd@fferisman.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Увеличение масштабов и ассортимента применения пестицидов в сельскохозяйственной практике стимулирует разработку и использование методов аналитической химии для определения малых концентраций органических веществ при анализе объектов окружающей среды, сельскохозяйственного сырья, кормов и продуктов питания.

Среди химических средств защиты растений впечатляют структурное многообразие производных пиридина и многочисленность механизмов их активности. Некоторые из них имеют уникальную структуру и неизвестные ранее механизмы действия, что чрезвычайно важно для предотвращения развития резистентности вредителей и патогенов и обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства.

Одним из новейших пестицидов является циклобутрифлурам (химическое наименование — N-[(1S,2S)-2-(2,4-дихлорфенил) циклобутил]-2-(трифторметил)-пиридин-3-карбоксамид, относится к классу пиридин-3-карбоксамидов), предназначенный и специально разработанный для защиты широкого спектра сельскохозяйственных культур при почвенном применении и обработке семян от нематод.

Все отмеченные преимущества данного пестицида никак не исключают потенциальные риски проявления нежелательных воздействий на объекты окружающей среды, в том числе при нарушении регламентов их производства и использования при проведении сельскохозяйственных работ. Поэ-

тому необходимо иметь методы контроля содержания пестицида в атмосферном воздухе населенных мест, в воздухе рабочей зоны и смывах с кожных покровов операторов. Важность контроля уровня действующего вещества на коже обусловлена тем, что основным путем поступления ксенобиотиков в организм работающих является кожная экспозиция [1].

В настоящее время иностранными специалистами разработаны методы определения циклобуттрифлурама с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектором (ВЭЖХ–МС/МС). Данный метод позволяет определить действующее вещество на низком пределе обнаружения, но является дорогостоящим, а далеко не каждая лаборатория имеет в арсенале подобное оборудование. Поэтому перед специалистами ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» стояла задача разработать метод определения пестицида на широко распространенном оборудовании, обеспечивающем идентификацию вещества и количественный анализ на пределе определения, требуемом установленными нормами, подобрать оптимальную схему пробоподготовки.

Этапы разработки метода измерения концентраций циклобуттрифлурама в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе включали обоснование условий отбора проб, пробоподготовку образцов и последующий анализ методом ВЭЖХ с диодно-матричным детектированием, что обеспечило идентификацию вещества без применения подтверждающих исследований.

Предварительная оценка агрегатного состояния циклобуттрифлурама в воздушной среде выполнена с использованием расчетных методов [2], основанных на показателе давления насыщенных паров вещества ( $6,2 \times 10^{-3}$  мПа; 25 °С) и молекулярной массе (389,2). Полученная расчетная величина естественной летучести циклобуттрифлурама ( $1,1 \times 10^{-3}$  мг/м<sup>3</sup>) позволила сделать заключение с учетом гигиенических нормативов (рекомендуемый ОБУВ в воздухе рабочей зоны 1,4 мг/м<sup>3</sup>, в атмосферном — 0,0015 мг/м<sup>3</sup>) о гигиенической значимости присутствия вещества в воздухе рабочей зоны в виде аэрозоля, в атмосферном воздухе в виде паров и аэрозоля.

Таким образом, было обосновано использование фильтров «синяя лента» для концентрирования аэрозоля при аспирации проб воздуха рабочей зоны со скоростью отбора 1 дм<sup>3</sup>/мин в течение 5 мин. и двух параллельных пробоотборных трубок ОРВО-44, заполненных сополимером дивинилбензола и стирола, обработанных ионообменной смолой, для концентрирования паров со скоростью отбора 2 дм<sup>3</sup>/мин в течение 30 мин. [3]. Данный подход обеспечил эффективный отбор вещества из воздушной среды с достаточной полнотой сорбции и приемлемым проскоком при аспирации воздуха.

Экстракцию пестицида из проб воздушной среды проводили ацетонитрилом. Объединенные экстракты упаривали досуха, растворяли в смеси ацетонитрила с 0,1%-ной муравьиной кислотой (50 : 50, по объему) — (2 см<sup>3</sup> при исследовании проб воздуха рабочей зоны, 1 см<sup>3</sup> — проб атмосферного воздуха) и анализировали на содержание вещества методом ВЭЖХ с диодно-матричным детектированием.

Идентификацию и количественное определение циклобуттрифлурама выполняли на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (USA), снабженном диодно-матричным детектором. В качестве неподвижной фазы была использована хроматографическая стальная колонка длиной 150 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, содержащая сорбент С18 с зернением 5 мкм. В качестве подвижной фазы использовали смесь ацетонитрила с 0,1%-ной муравьиной кислотой, подача которой осуществлялась в режиме градиентного элюирования. Скорость потока элюента 0,8 см<sup>3</sup>/мин.

Сканирование спектра поглощения циклобуттрифлурама в ультрафиолетовой области и анализ при наиболее характерных и интенсивных длинах волн показали оптимальный отклик при 195 нм.

Установленный диапазон полноты извлечения (открываемость) циклобуттрифлурама с фильтров составил для воздуха рабочей зоны 90,4–96,4 % (среднее значение — 94 %, среднее квадратичное отклонение повторяемости — 5,4 %), для атмосферного воздуха с трубок 92,1–95,4 % (среднее значение — 94,2 %, среднее квадратичное отклонение повторяемости — 3,0 %).

Экспериментально было установлено, что экспонированные фильтры «синяя лента» и сорбционные трубки, удерживающие циклобуттрифлурам, могут храниться в холодильнике при температуре от +2 до +6 °С не более 7 дней.

Разработка метода измерения концентраций циклобуттрифлурама в смывах с кожных покровов основывалась на Методических рекомендациях «Разработка методов определения вредных веществ на коже» (№ 3056–84 от 26.07.84), а также Методических указаниях «Оценка риска воздействия пестицидов на работающих» (МУ 1.2.3017–12). В качестве модельной пробы смыва для оценки дермальной экспозиции работающих с пестицидами использована биологическая модель смыва с кожи, защищенная патентом на изобретение [4]. В модельных опытах, поставленных на свиной коже, обоснована целесообразность использования этилового спирта в качестве смывающей жидкости с поверхности кожных покровов.

Установленный диапазон полноты извлечения (открываемость) циклобутрифлурама со смывов составил 84,4–93,0% (среднее значение — 88,4%, среднее квадратичное отклонение повторяемости — 9,4%).

Разработанная методика обеспечивает нижний предел количественного измерения для воздуха рабочей зоны 0,05 мг/м<sup>3</sup> при аспирации 5 дм<sup>3</sup> воздуха, что существенно ниже рекомендуемой величины ОБУВ (1,4 мг/м<sup>3</sup>) и 0,001 мг/м<sup>3</sup> для атмосферного воздуха при аспирации 120 дм<sup>3</sup> воздуха, что в 1,5 раза ниже рекомендуемой величины ОБУВ (0,0015) мг/м<sup>3</sup>.

Нижний предел количественного определения для смывов — 0,2 мкг/ в пробе смыва [5].

Также были оценены основные статистические критерии аналитической методики: линейность градуировочных характеристик, нижний предел количественного определения, полнота извлечения (открываемость), селективность и специфичность, величина проскока веществ при отборе проб воздушной среды, внутрилабораторная сходимость, стабильность аналитов в градуировочных растворах и экстрактах, подготовленных для измерений.

Созданный метод апробирован в натуральных сельскохозяйственных условиях применения препарата на основе циклобутрифлурама для оценки экспозиционных уровней вещества в пробах воздушной среды и смывах с кожных покровов, отобранных при различных сельскохозяйственных технологиях: капельный полив садовых культур, ручные работы через 3 дня после обработки, протравливание посадочного материала с одновременной высадкой.

Искомое действующее вещество в воздушных пробах не идентифицировано, содержание пестицида менее нижнего предела количественного определения (0,005 мг/м<sup>3</sup> — воздух рабочей зоны и 0,001 мг/м<sup>3</sup> — атмосферный воздух). Однако циклобутрифлурам был идентифицирован в отдельных пробах смывов на уровне 1–2 нижних пределов количественного определения.

По результатам выполненной работы сформированы методические указания «Измерение концентраций циклобутрифлурама в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе городских и сельских поселений и смывах с кожных покровов операторов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

## Литература

1. Дermalная экспозиция: требования к методикам определения в смывах действующих веществ пестицидов / В.Н. Ракитский [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. — 2018. — № 9. — С. 43–48.
2. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / С.И. Муравьева [и др.]. — М.: Химия, 1991. — 368 с.
3. Indoor air quality: organic pollutants: Report on a WHO meeting // EURO Reports and Studies. — 1989. — Vol. 111. — P. 1–70.
4. Способ оценки дермальной экспозиции пестицидов у работающих: пат. RU 2518361 / Т.В. Юдина, В.Н. Ракитский, Н.Е. Федорова, И.В. Березняк. — Опубл. 10.06.2014.
5. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]: федер. Закон № 102-ФЗ: принят Гос. Думой 11 июня 2008 г.: одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г. — Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/98785/>. — Дата доступа: 02.09.2022.

Поступила 06.09.2022

## НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФЛУФЕНАЦЕТА И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В ЗЕРНЕ И СОЛОМЕ ЗЛАКОВ

Суслова А.В., [suslovaav@fferisman.ru](mailto:suslovaav@fferisman.ru),  
Молчанов М.Д., [molchanov.md@fferisman.ru](mailto:molchanov.md@fferisman.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Эффективность и экономичность сельского хозяйства в современном мире достигается с помощью применения пестицидов. Однако с течением времени к используемым пестицидам у культур

возможно развитие резистентности. Это стимулирует производителей разрабатывать новые действующие вещества пестицидов, комбинировать различные формы и искать новые подходы к применению. Совершенствуются не только пестициды, но и сельскохозяйственные и промышленные технологии, пересматриваются нормативы. Поэтому наличие аналитических методов контроля остаточных количеств пестицидов в объектах среды обитания остается актуальной задачей.

В Российской Федерации при создании вышеуказанных методов в первую очередь ориентируются на гигиенические нормативы из СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» от 28.01.2021 [1]. Кроме того, важными являются физико-химические свойства веществ и токсикологическая значимость их метаболитов.

Гербицид флуфенацет (химическое наименование N-(4-фторфенил)-N-(метилэтил)-2-[[5-(трифторметил)-1,3,4-тиадиазол-2ил]окси]ацетамид), который относится к классу оксиацетамидов, используется для борьбы с сорной злаковой и двудольной растительностью в предвсходовый и ранний послевсходовый периоды на посевах кукурузы, зерновых, хлопчатника, картофеля, риса, сои, подсолнечника и томата. Препараты на его основе зарегистрированы для обработки пшеницы и картофеля и продолжают регистрироваться на территории Российской Федерации [2]. Минимально допустимые уровни для флуфенацета в зерне пшеницы составляют 0,05 мг/кг [1].

Флуфенацет — кристаллическое вещество от белого до коричневого цвета, температура плавления 76–79 °С, давление паров при 20 °С — 0,09 мПа, коэффициент распределения н-октанол — вода (20 °С) Kow logP равен 3,5. Растворимость в воде при 20 °С составляет 51 мг/дм<sup>3</sup>, растворимость в органических растворителях (г/дм<sup>3</sup>): этилацетат — 280; н-гексан — 8,7; толуол — 200; ацетон — 280. Вещество устойчиво к гидролизу (при комнатной температуре) и фотолизу (при pH = 5), изомеризуется при нагреве [3].

Острая пероральная токсичность флуфенацета для крыс составляет: 1617 мг/кг — для самцов; 589 мг/кг — для самок; для мышей: 1331 мг/кг — для самцов, 1756 мг/кг — для самок; острая дермальная токсичность для крыс — > 2000 мг/кг; острая ингаляционная токсичность для крыс — > 3,75 мг/дм<sup>3</sup> (4 ч, аэрозоль). Гербицид умеренно токсичен для птиц и дождевых червей, малотоксичен для пчел [3].

Одной из особенностей флуфенацета является наличие у него большого числа метаболитов, часть из которых является гигиенически значимыми. Исследования метаболитов на крысах показали, что флуфенацет с радиоактивной меткой быстро всасывается и метаболизируется у наблюдаемых животных. Экскреция с мочой является основным путем выведения продуктов метаболизма, меньшее количество выводится с калом. В экскрементах обнаружено 39 метаболитов, 17 из которых не были идентифицированы.

Стоит понимать, что не все рассматриваемые метаболиты обладают гигиенической значимостью. С целью определения степени вредности для человека рассматривают метаболизм на млекопитающих, в то время как метаболитический путь в растениях важен применительно к сельскому хозяйству.

Начальной метаболитической реакцией для флуфенацета является расщепление молекулы на тиаденовые и ацетамидные производные. Метаболиты образуются путем гидролиза, окисления и конъюгации. Аналитически значимыми метаболитами являются производные, содержащие N-фторфенил-N-изопропил радикалы, такие как N-(4-фторфенил)-N-(метилэтил)-аминошавелевая кислота, N-(4-фторфенил)-N-(метилэтил)-ацетамид-2-сернистая кислота и N-(4-фторфенил)-N-(метилэтил)-ацетамид-2-сульфинил уксусная кислота.

Если рассматривать вопрос о действующем веществе и его значимых метаболитах с точки зрения гигиенической оценки, то при наличии гигиенически значимых метаболитов невозможно оценить уровень содержания действующего вещества только по активному ингредиенту, что ставит вопрос о разработке методов определения для каждого из значимых метаболитов. Последнее в свою очередь может нести дополнительные расходы на пробоподготовку при условии, что невозможно определить действующее вещество и его метаболиты одним методом. Помимо этого следует отметить, что обеспечение лаборатории аналитическими стандартами метаболитов может быть затруднено.

Другой способ определения вещества с учетом метаболитов — это разложение молекул действующего вещества и продуктов его метаболизма с получением одинакового продукта превращения, который впоследствии может быть проанализирован известными физико-химическими методами, что и предусмотрено в методе определения флуфенацета и его метаболитов в зерне и соломе пшеницы, изложенном в МУК 4.1.3203–14 [4]. Данный метод содержит длительную пробоподготовку, включающую в себя несколько последовательных стадий.

Цель работы — модифицировать условия пробоподготовки и установить условия хроматографического анализа продукта разложения флуфенацета и его метаболитов при использовании газового хроматографа «Кристалл 5000.2» с масс-спектрометрическим детектором.

Чтобы разложить флуфенацет и его метаболиты, содержащие N-фторфенил-N-изопропил радикалы, пробу зерна массой 10 г или соломы массой 5 г необходимо хорошо смочить водой и после окисления перманганатом калия подвергнуть гидролизу до фторанилина путем кипячения в присутствии серной кислоты на протяжении 24 часов. Далее фторанилин отделяют от матрицы методом перегонки с водяным паром, из полученного дистиллята фторанилин переэкстрагируют в органический растворитель хлористым метиленом. В отличие от подхода, изложенного в МУК 4.1.3203–14 [4], далее выделенный фторанилин дериватизируют с последующей очисткой на концентрирующем патроне Ser-Pak C18 трифторуксусным ангидридом с целью получения 4-фтор-N-метилэтил бензенамин трифторацетамида, который можно идентифицировать с помощью газовой хроматографии.

Хроматографический анализ нами проведен на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» с масс-спектрометрическим детектором. Использована хроматографическая капиллярная кварцевая колонка HP-5MS UI длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм, содержащая сорбент 5%-ный фенил-метилполисилоксан, 95%-ный диметилполисилоксан (толщина пленки сорбента 0,25 мкм). Условия работы хроматографа были следующими: температура детектора: источник ионов — 200 °С, переходная линия — 250 °С; температура испарителя — 250 °С; температура термостата колонки — программируемая; режим сканирования — SIM. Для количественного расчета использовали ион с  $m/z$  207, в качестве подтверждающих — ионы с  $m/z$  110, 138.

Данная методика была успешно валидирована на 10 модельных образцах зерна и соломы пшеницы озимой с внесением действующего вещества на уровне нижних пределов (0,05 мг/кг и 0,10 мг/кг) и 10 пределов количественного определения (0,5 мг/кг и 1,0 мг/кг) для зерна и соломы соответственно. Средняя полнота извлечения для зерна составила 89% при относительном среднеквадратичном отклонении (далее — СКО) 2,7%, для соломы — 73% при СКО 1,7%. Методика была апробирована на полевых образцах урожая зерна и соломы пшеницы озимой, возделанной с применением препарата на основе флуфенацета в трех почвенно-климатических зонах. Флуфенацет (с учетом его метаболитов) в исследуемых образцах не обнаружен (менее 0,05 мг/кг для пшеницы и менее 0,10 мг/кг для соломы).

Разработанные методические подходы к определению остаточных количеств флуфенацета и его метаболитов в зерне и соломе пшеницы, несмотря на трудоемкость аналитической процедуры, обеспечивают измерение содержания флуфенацета и продуктов его деградации в одном аналитическом образце.

## Литература

1. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: санитар. правила и нормы СанПиН 1.2.3685–21: утв. постановлением Гл. гос. санитар. врача РФ 28 янв. 2021 г. № 2. — Режим доступа: [https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN\\_sreda%20obitaniya\\_compressed.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20obitaniya_compressed.pdf). — Дата доступа: 04.08.2022.

2. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации: ежегодник. — М.: Листерра, 2022. — 944 с.

3. The Pesticide Manual / ed.: J.A. Turner. — 18th ed. — Aldershot: British Crop Protection Council (BCPC), 2018. — P. 1136–1138.

4. Методы контроля. Химические факторы. Определение остаточных количеств флуфенацета и суммы всех метаболитов, содержащих N-фторфенил-N-изопропил радикалы в воде, почве, зерне и соломе зерновых колосовых, в клубнях картофеля методом капиллярной газожидкостной хроматографии: метод. указ. МУК 4.1.3203–14: утв. 30.06.2014. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2015. — 27 с.

Поступила 02.09.2022

## УРОВНИ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЦЕЗИЯ-137 В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ФИТОСЫРЬЕ, ПРЕДСТАВЛЕННОМ НА РЫНКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2021–2022 ГГ.

Чаховский П.А., к.б.н., *spectrometric@rspch.by*,  
Прус Н.Н., *spectrometric@rspch.by*,  
Кузовкова А.А., к.б.н., *zav-lsi@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Работа промышленных предприятий, добыча полезных ископаемых, неправильная утилизация отходов и другие спутники развития цивилизации нарушают хрупкий баланс экосистем. Химические элементы, в том числе и радиоактивные, попадают в пищевую цепь, представляя, таким образом, потенциальную опасность для здоровья человека. При этом растения являются важным передаточным звеном, через которое химические элементы попадают из почвы, воды и воздуха в организм человека.

Живые организмы подвергаются одновременно внешнему (от находящихся извне источников излучения) и внутреннему (от инкорпорированных в органах и тканях радионуклидов) облучению. Источники внутреннего облучения животных и человека поступают в организмы с водой и пищей (пероральный путь), с воздухом (ингаляционный источник) и через кожные покровы (транскермальный путь). Наиболее важными источниками внутреннего облучения являются те радионуклиды, которые поглощаются тканями. Степень поглощения радионуклидов зависит от их химической природы. Стронций-90 — химический аналог кальция, а цезий-137 (далее — Cs-137) — калия, поэтому стронций-90 аккумулируется в костях и вносит основной вклад в облучение костной ткани, а Cs-137 распределяется достаточно равномерно и рассматривается как основной источник генетических повреждений [1].

Возникновение проблемы радиоактивного загрязнения экосистем и, в частности, агроценозов неразрывно связано с освоением ядерной энергии. Крупномасштабное радиоактивное загрязнение Cs-137 пахотных земель является одним из наиболее тяжелых последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции как для Республики Беларусь, так и для сопредельных стран. Уровень удельной активности основного дозообразующего радионуклида Cs-137 в почвах наиболее загрязненных районов увеличился по сравнению с доаварийным периодом в среднем в 66 раз. Большая часть радиоактивного изотопа цезия находится в корнеобитаемом слое почвы и еще долго будет доступна растениям на пахотных землях, поэтому ведение сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения связано с рядом проблем. Неоднородность плотности загрязнения земель Cs-137, а также разность их почвенно-агрохимических параметров приводят к варьированию показателей активности получаемой растительной продукции в различных районах [2]. Это обстоятельство необходимо учитывать не только при ведении сельскохозяйственного производства, но и при заготовке лекарственного сырья.

Лекарственные растения, собранные в дикой природе или культурно выращенные на загрязненной радиоактивными элементами местности, хоть и не являются основным источником поступления радионуклидов в организм человека, но могут выступать источником дополнительного облучения. В связи с этим оценка уровней активности радиоизотопа Cs-137 в лекарственном сырье имеет практическую значимость, так как позволяет не допустить к использованию потребителем небезопасного фитосырья [3].

С целью снижения внутреннего облучения населения в Республике Беларусь разработан Гигиенический норматив «Республиканский допустимый уровень содержания цезия-137 в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004)» (далее — РДУ/ЛТС-2004) [4]. РДУ/ЛТС-2004 распространяется на высушенное лекарственно-техническое сырье: цветы, листья, травы, клубни, корни, корневища, плоды, ягоды, лекарственные грибы и другое сырье из лекарственных растений. Согласно РДУ/ЛТС-2004 в лекарственно-техническом сырье удельная активность Cs-137 не должна превышать 370 Бк/кг. Данный норматив установлен для высушенного сырья с влажностью от 13% до 18%. Однако удельная активность Cs-137 в аралии маньчжурской регламентируется Гигиеническим нормативом «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 52 от 21.06.2013 [5], в котором максимально допустимый уровень равен 60 Бк/кг.

Таблица 1 — Удельная активность Cs-137 в фармацевтическом фитосырье, представленном на рынке Республики Беларусь в 2021–2022 гг.

Лекарственное сырье	Удельная активность Cs-137 в сырье, Бк/кг	Предельно допустимые значения удельной активности Cs-137, Бк/кг
Календулы (ноготков) цветки	менее 20 (3 партии)	не более 370 [4]
Пустырника трава	менее 10 (3 партии)	
	менее 20 (3 партии)	
Тысячелистника трава	менее 10 (1 партия)	
	менее 20 (2 партии)	
Боярышника плоды	менее 10 (12 партий)	
	менее 20 (4 партии)	
Ромашки цветки	менее 20 (2 партии)	
Порошок травы зверобоя	менее 10 (1 партия)	не более 370 [4]
	21,6±7,9 (1 партия)	
Шалфея лекарственного листья	менее 20 (1 партия)	
Порошок корней валерианы	18,1±6,4 (1 партия)	
Каштана конского семена	менее 25 (1 партия)	
	менее 20 (1 партия)	
Зверобоя трава	менее 20 (6 партий)	
Порошок листьев мяты перечной	27,2±8,4 (1 партия)	
Порошок травы мелиссы	34,9±9,9 (1 партия)	
Элеутерококка корневища и корни	менее 10 (2 партии)	
	менее 20 (1 партия)	
Валерианы корневища с корнями	менее 20 (2 партии)	
Пиона уклоняющегося корневища и корни	менее 20 (4 партии)	
Пиона уклоняющегося трава	менее 20 (1 партия)	
Аралии маньчжурской корни	менее 20 (1 партия)	не более 60 [5]

Целью исследования являлась оценка уровня загрязненности радиоизотопом Cs-137 лекарственного растительного сырья, поставляемого в 2021–2022 гг. белорусским фармацевтическим предприятиям для производства лекарственных средств.

Испытаниям подверглись 55 образцов 17 видов растительного лекарственного сырья. Из них 13 видов лекарственного растительного сырья (35 образцов) — из Республики Беларусь, 7 видов (12 образцов) — из Российской Федерации, 1 вид лекарственного сырья (3 образца) — из Украины, 4 образца и 2 вида лекарственных растений — из Республики Польша и 1 образец — из Китайской Народной Республики. Все испытанные образцы представляли собой высушенный измельченный материал.

Измерения активности Cs-137 в образцах плодов боярышника, корней аралии маньчжурской, корневищ валерианы с корнями, травы пустырника проводили на радиометре РКГ-02С «Алиот» по МВИ 114–94 «Методика экспрессного радиометрического определения по гамма-излучению объемной и удельной активности радионуклидов цезия в воде, почве, продуктах питания, продукции животноводства и растениеводства радиометрами РКГ-01, РКГ-02, РКГ-02С, РКГ-03». Испытуемые образцы помещали в сосуд объемом 0,5 дм<sup>3</sup> и тщательно уплотняли. Масса аликвоты составляла от 80 до 400 г, время определения — 8 минут в 5 повторах для каждого образца.

Изменения активности Cs-137 в образцах цветов календулы, травы пустырника, травы тысячелистника, корневищ элеутерококка, травы зверобоя, цветов ромашки, листьев шалфея, плодов боярышника, корневищ валерианы с корнями, травы и корневищ пиона уклоняющегося и семян конского каштана определялись на гамма-радиометре спектрометрического типа РКГ-АТ1320 по МВИ.МН 1823–2007 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K в воде, продуктах питания, сельскохозяйственном сырье и кормах, промышленном сырье, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды, удельной эффективной активности естественных радионуклидов в строительных материалах, а также

удельной активности  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  в почве на гамма-радиометрах спектрометрического типа РКГ-АТ1320». Все образцы помещали в измерительный сосуд Маринелли объемом 1 дм<sup>3</sup>. Поскольку все образцы, за исключением семян конского каштана и плодов боярышника, могут утрамбовываться, то измерительный сосуд заполняли с избытком и прижимали до нужного объема с помощью уплотнителя из комплекта принадлежностей радиометра. Масса аликвоты составляла от 100 г до 680 г, время измерения — 60 минут для каждого образца. Нижний предел обнаружения зависел от плотности образца.

Полученные результаты исследований удельной активности  $\text{Cs-137}$  в образцах фитосырья, поставляемого фармацевтическим предприятиям Республики Беларусь в течение 2021–2022 гг. из различных стран, представлены в таблице 1.

Как следует из таблицы 1, во всех проанализированных образцах лекарственного сырья его удельная активность не превышает 370 Бк/кг, а в корнях аралии маньчжурской — 60 Бк/кг, что соответствует требованиям Гигиенических нормативов [4, 5], принятых в Республике Беларусь.

Таким образом, сравнение полученных результатов исследования с предельно допустимыми значениями говорит о том, что лекарственное сырье, произведенное в Республике Беларусь, а также импортированное в страну в 2021–2022 гг., не загрязнено на существенном уровне радиоактивным элементом  $\text{Cs-137}$ . Тем не менее контроль лекарственного сырья следует осуществлять и далее в установленном порядке.

## Литература

1. Агрэкологія / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. — М.: Колос, 2000. — 534 с.
2. Сапегін, Л. М. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лекарственных и других хозяйственно ценных видах растений Кормянского района Гомельской области Республики Беларусь / Л. М. Сапегин, Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев // Радиационная гигиена. — 2011. — Т. 4, № 2. — С. 104–108.
3. Соколова, И. В. Цезий-137 в черноземных почвах и лекарственном сырье растений на примере естественных склоновых ландшафтов центральной лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / И. В. Соколова. — М., 2000. — 26 с.
4. Республиканский допустимый уровень содержания цезия-137 в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004): гигиен. норматив ГН 2.6.1.8–10–2004: утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 24.12.2004 № 152 // Сборник нормативных, методических, организационно-распорядительных документов Республики Беларусь в области радиационного контроля и безопасности. — Гомель, 2005. — С. 263–264.
5. Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов: гигиен. норматив: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 21.06.2013 № 52 // Сборник нормативных документов по продовольственному сырью и пищевым продуктам. — Минск, 2014. — С. 46–251.

Поступила 08.09.2022

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Е-КАПРОЛАКТАМА В ВОДНЫХ ВЫТЯЖКАХ ИЗ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДОВ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ДИОДНО-МАТРИЧНЫМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ

Чеботкова Д. В., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Крымская Т. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Лебединская К. С., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Капелько И. М., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Е-капролактама является хорошо известным предшественником в производстве полиамидных нитей. Этот полимер имеет большое коммерческое значение в сфере производства волокон, которые в свою очередь применяются в изготовлении текстиля, ковровых покрытий, промышленных нитей, используемых для создания шинного корда, а затем смол и пленок. Полиамидные смолы являются

основой для производства конструкционных пластиков, используемых для выпуска компонентов электронной и электрической техники, автомобильных деталей. В упаковочной отрасли применяется ориентированная полиамидная пленка, также изготовленная на основе полиамидных смол. Небольшие объемы  $\epsilon$ -капролактама уходят на синтез лизина, а также в качестве агента в производстве полиуретана [1].

$\epsilon$ -капролактама хорошо растворим в воде и органических растворителях, таких как спирт, эфир и бензол; водными растворами кислот и щелочей гидролизует до  $\epsilon$ -аминокапроновой кислоты  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$ . Являясь токсичным веществом, при попадании на кожу может вызвать дерматит, при попадании в организм вызывает судороги, изменения внутренних органов и расстройство нервной системы. Острое воздействие  $\epsilon$ -капролактама может привести к раздражению и жжению слизистых глаз, носа, горла и кожи у людей [2, 3]. По степени воздействия на организм капролактама относится к веществам 3-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007.

Выраженное токсичное действие дает основания для контроля содержания  $\epsilon$ -капролактама в водных вытяжках из изделий из полиамидов. Санитарные нормы и правила и Гигиенические нормативы Республики Беларусь, а также ряд технических регламентов Таможенного союза (далее — ТР ТС) (ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки», ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков», ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек», ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты», ТР ТС 042/2017 «О безопасности оборудования для детских игровых площадок») регламентируют допустимое количество миграции  $\epsilon$ -капролактама в изделиях из полиамидов в водные среды на уровне  $0,05 \text{ мг/дм}^3$ , для ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» на уровне  $1,0 \text{ мг/дм}^3$ .

Существуют методики определения массовых концентраций  $\epsilon$ -капролактама в водных средах. Наиболее распространенными физико-химическими методами определения являются фотометрические и колориметрические, а также хроматографические: методы газожидкостной и жидкостной хроматографии.

Для исполнения требований ТР ТС и достоверной оценки соответствия объектов технического регулирования на содержание  $\epsilon$ -капролактама в водных вытяжках из изделий из полиамидов необходимы высокочувствительные и универсальные методики, отличающиеся экспрессностью и селективностью.

Целью работы является разработка способа определения уровня миграции, выраженного в единицах массовой концентрации, в водную среду  $\epsilon$ -капролактама, содержащегося в изделиях из полиамидов.

Объектами исследований были водные вытяжки из товаров народного потребления, содержащих в своем составе полиамиды.

Определение  $\epsilon$ -капролактама, выделившегося из образца в дистиллированную воду, проводится методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с применением жидкостного хроматографа с диодно-матричным детектором с последующим количественным определением методом абсолютной градуировки в диапазоне концентраций от  $0,10$  до  $2,00 \text{ мг/дм}^3$ .

Исследование проводилось с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа Agilent 1260 Infinity, оснащенного диодно-матричным детектором, диапазон длин волн регистрации спектров и сигналов —  $190\text{--}450 \text{ нм}$ . В ходе эксперимента при установлении условий хроматографирования варьировали состав подвижной фазы, колонки, скорость подачи элюента, температуру термостата колонки.

В качестве подвижных фаз применяли смеси ацетонитрил–дистиллированная вода и метанол–дистиллированная вода в соотношениях  $10 : 90$ ;  $20 : 80$ ;  $40 : 60$ ;  $60 : 40$  частей по объему. Для анализа эффективности разделения использовали следующие хроматографические колонки: Zorbax Eclipse XDB-C18  $150 \times 4,6 \text{ мм}$ , Poroshell 120 EC-C18  $50 \times 4,6 \text{ мм}$ , Hypersil Gold  $250 \times 4,0 \text{ мм}$ . В дальнейшем была выбрана колонка Poroshell 120 EC-C18 размером  $50 \times 4,6 \text{ мм}$ .

Результаты хроматографических исследований площади пика  $\epsilon$ -капролактама в зависимости от различных соотношений смеси ацетонитрил–дистиллированная вода и метанол–дистиллированная вода по объему и от хроматографических колонок представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Характеристики хроматографического пика е-капролактама в зависимости от подвижной фазы и хроматографических колонок

Хроматографическая колонка	Подвижная фаза (соотношение по объему)	Время удерживания е-капролактама, t, мин.	Площадь пика на хроматограмме, A, mAU × s
Zorbax Eclipse XDB-C18 150 × 4,6 мм	Ацетонитрил + дистиллированная вода (60 : 40)	2,43	366,78430
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (40 : 60)	2,58	363,71188
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (20 : 80)	3,87	307,28998
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (10 : 90)	7,74	314,31512
	Метанол + дистиллированная вода (60 : 40)	4,31	432,92349
	Метанол + дистиллированная вода (40 : 60)	3,98	285,79556
	Метанол + дистиллированная вода (20 : 80)	8,58	277,88007
	Метанол + дистиллированная вода (10 : 90)	10,76	360,94594
Poroshell 120 EC-C18 50 × 4,6 мм	Ацетонитрил + дистиллированная вода (60 : 40)	1,46	472,19821
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (40 : 60)	1,64	550,00073
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (20 : 80)	2,27	535,46741
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (10 : 90)	4,35	541,85681
	Метанол + дистиллированная вода (60 : 40)	1,78	574,70337
	Метанол + дистиллированная вода (40 : 60)	2,37	569,35022
	Метанол + дистиллированная вода (20 : 80)	4,87	542,02582
	Метанол + дистиллированная вода (10 : 90)	10,06	579,95044
Hypersil Gold 250 × 4,0 мм	Ацетонитрил + дистиллированная вода (60 : 40)	2,19	354,79010
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (40 : 60)	2,39	347,66898
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (20 : 80)	3,24	356,32373
	Ацетонитрил + дистиллированная вода (10 : 90)	5,56	360,38086
	Метанол + дистиллированная вода (60 : 40)	2,47	352,54608
	Метанол + дистиллированная вода (40 : 60)	3,14	359,82236
	Метанол + дистиллированная вода (20 : 80)	5,87	355,26364
	Метанол + дистиллированная вода (10 : 90)	11,02	353,38904

Как следует из таблицы 1, при использовании представленных хроматографических колонок с увеличением содержания органического растворителя в подвижной фазе время удерживания е-капролактама уменьшалось, что снижало достоверность результатов, и ухудшалась симметричность пика. Увеличение времени удерживания е-капролактама наблюдалось при повышении содержания дистиллированной воды в подвижной фазе. Смесь органический растворитель – дистиллированная вода в соотношении 10 : 90 по объему значительно увеличивала время анализа и приводила к уменьшению хроматографического пика (размытие пика е-капролактама), а в соотношении 20 : 80 по объему, наоборот, достигалось оптимальное время анализа, и пик е-капролактама был максимально симметричным. В результате исследований установлено, что необходимо использовать хроматографическую колонку Poroshell 120 EC–C18 50 × 4,6 мм и подвижную фазу метанол – дистиллированная вода в соотношении 20 : 80 по объему.

Анализ водных вытяжек из товаров народного потребления, содержащих в своем составе полиамиды, проводился следующим образом: водные вытяжки объемом 1 см<sup>3</sup> пропускали через шприцевый мембранный фильтр с размером пор 0,2 мкм, диаметром 15 мм, переносили в виалу и проводили анализ при установленных условиях хроматографирования.

Подобраны условия инструментального анализа: температура колонки – 30 °С, подвижная фаза – смесь метанол–дистиллированная вода. Элюирование проводили в изократическом режиме в соотношениях 20 : 80 частей по объему. Скорость подачи подвижной фазы – 0,4 см<sup>3</sup>/мин, объем вводимой пробы – 5–10 мм<sup>3</sup>. Длина волны измерения – 210 нм, ориентировочное время удерживания е-капролактама – 4,8 ± 0,2 мин. Объем вводимой пробы зависит от чувствительности детектора.

Типичная хроматограмма рабочего раствора е-капролактама с массовой концентрацией 0,4 мкг/см<sup>3</sup> представлена на рисунке 1.

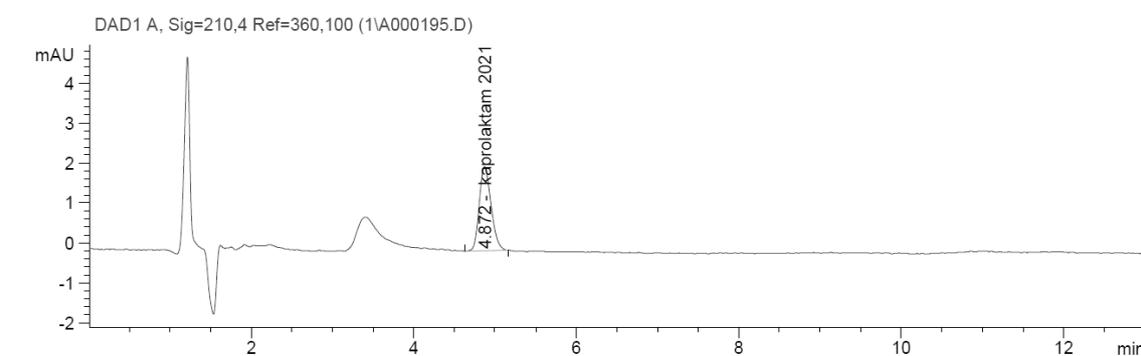


Рисунок 1 – Хроматограмма градуировочного раствора е-капролактама с концентрацией 0,4 мкг/см<sup>3</sup>

Таким образом, разработан способ определения концентрации е-капролактама, содержащегося в изделиях из полиамидов, в водных вытяжках, на основе которого разработана новая специфичная, высокочувствительная, метрологически аттестованная методика АМИ.МН. 0003–2021 «Массовая концентрация е-капролактама, выделяемого из изделий из полиамидов, в водной и воздушной средах. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

## Литература

1. Капролактама [Электронный ресурс] // «Теплоэнергоремонт-Москва». — Режим доступа: <https://90zavod.ru/xarakteristiki-2/kaprolaktam-texnicheskie-xarakteristiki-kaprolon.html>. — Дата доступа: 17.08.2022.
2. Health and Environmental Effects Profile for Caprolactam [Electronic resource] // U.S. Environmental Protection Agency. — Mode of access: <https://nepis.epa.gov>. — Date of access: 17.08.2022.
3. Some Monomers, Plastics and Synthetic Elastomers, and Acrolein / International Agency for Research on Cancer (IARC). — Lyon: World Health Organization, 1979. — 513 с. — (IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans; Vol. 19).

Поступила 31.08.2022

# РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИ АТТЕСТОВАННОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРБЕНЗОЛА В ВОДНЫХ ВЫТЯЖКАХ ИЗ ПОЛИКАРБОНАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ПЛАМЕННО-ИОНИЗАЦИОННЫМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ

Чеботкова Д. В., *chromatographic@rspch.by*,  
Крымская Т. П., *chromatographic@rspch.by*,  
Капелько И. М., *chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Хлорбензол (CAS 108–90–7) — вещество, обладающее кожно-резорбтивным, сенсibiliзирующим, репротоксическим, мутагенным действием, кумулятивным эффектом для организма человека и гидробионтов [1]. При комнатной температуре представляет собой бесцветную летучую жидкость с запахом, который описан как миндалевидный или подобный запаху нафталиновых шариков и бензола. Хлорбензол свободно растворяется в липидах и различных органических растворителях, но плохо растворим в воде [2].

Широко используется при производстве товаров народного потребления, в том числе для изготовления детских игрушек, посуды, упаковки (бутылки для воды и напитков), средств индивидуальной защиты. Наибольшее промышленное значение имеют ароматические поликарбонаты, в первую очередь поликарбонат на основе бисфенола А, синтезируемого конденсацией фенола и ацетона в присутствии различных катализаторов. При синтезе поликарбоната методом фосфогенирования бисфенола А может образовываться хлорбензол, который способен мигрировать из полимера в окружающую водную и воздушную среду.

Техническими регламентами Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки» (далее — ТР ТС 005/2011), ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» (далее — ТР ТС 007/2011), ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек» (далее — ТР ТС 008/2011), ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» (далее — ТР ТС 019/2011) предусмотрен контроль миграции хлорбензола в изделиях из поликарбоната и установлены нормативы его миграции в водную вытяжку, но перечни стандартов к указанным техническим регламентам не содержат аттестованных методик для количественного определения уровней миграции данного вещества.

Существует целый ряд методик определения массовых концентраций хлорбензола в водных вытяжках, большинство которых основаны на применении метода газовой хроматографии с использованием различных детекторов. К таким методам определения относятся газовая хроматография с масс-детектированием [3], с детектором электронного захвата (далее — ДЭЗ-детектор) [4] и с пламенно-ионизирующим детектором (далее — ПИД-детектор) [5]. Следует отметить, что масс-детектор и ДЭЗ-детектор, хотя и обладают высокой чувствительностью, разрешением и точностью, имеют высокую стоимость и эксплуатационные затраты.

Цель работы — разработать методику определения массовой концентрации хлорбензола в водных модельных средах.

Модельными объектами исследования были водные вытяжки из товаров народного потребления, изготовленных из поликарбоната, с добавлением разных концентраций стандартного раствора хлорбензола.

## *Приготовление водной вытяжки из поликарбонатных изделий*

В соответствии с ТР ТС 005/2011 пробу упаковки разрезали на квадраты размером 4 × 5 см. Для исследования необходимо не менее двух таких квадратов. Образцы очищали от загрязнений (пыли) путем погружения каждого квадрата последовательно в два стакана с дистиллированной водой. Затем их помещали в коническую колбу со шлифом, заливали дистиллированной водой из расчета 2 см<sup>2</sup> поверхности образца (с учетом площади всех поверхностей) к 1 см<sup>3</sup> дистиллированной воды и выдерживали при определенной экспозиции и определенном температурном режиме.

В соответствии с ТР ТС 007/2011 и ТР ТС 008/2011 образцы измельчали на кусочки размером 1 × 1 см и помещали в стеклянный сосуд с притертой пробкой, заливали дистиллированной водой и выдерживали в течение 3 часов при температуре 37 °С, при соотношении массы образца и объема воды 1 : 10.

### *Разработка методики определения хлорбензола в водных вытяжках*

Учитывая тот факт, что хлорбензол является галогенсодержащим соединением, он, как и все галогенсодержащие соединения, должен с высокой чувствительностью определяться на газовом хроматографе с ДЭЗ-детектором.

В работе использовали растворы хлорбензола с концентрацией 0,1; 1,0 и 10 мкг/см<sup>3</sup>, которые получали разведением исходного раствора хлорбензола с концентрацией 5000 мкг/см<sup>3</sup> гексаном или толуолом.

При исследованиях на газовых хроматографах Agilent 6890, «Кристалл 5000.2» с капиллярными колонками Agilent DB-5 (30 м; 0,25 мм; 0,25 мкм), Rtx-1701 (60 м; 0,32 мм ID), Rtx-5 (30 м; 0,32 мм; 0,25 мкм) варьировали с температурой испарителя от 200 °С до 280 °С, временем анализа и начальной температурой термостата колонки от 80 до 280 °С, скоростью потока газа-носителя, градиентным изменением температуры термостата колонки.

Несмотря на применение разного оборудования и разных условий хроматографирования, ни в одном из случаев пик хлорбензола на хроматограммах не был найден, при том, что рядом находящиеся органические соединения хорошо детектировались. В связи с этим данный методический подход к определению хлорбензола был исключен.

Использование парофазного анализа позволяет анализировать различные модельные среды без дополнительной пробоподготовки, поэтому следующим использованным методом определения хлорбензола в водных вытяжках стала газовая хроматография с ПИД-детектором и парофазным анализом.

Температура имеет важное значение для парофазного анализа. С ростом температуры можно повысить чувствительность метода за счет снижения коэффициента распределения. Для большинства органических веществ изменение температуры на 10 °С приводит к изменению значения коэффициента распределения на 3–8 %, поэтому для получения точных результатов в процессе установления фазового равновесия необходимо поддерживать стабильной температуру термостатирования на уровне десятых долей градуса. Для обеспечения равновесного распределения легколетучих органических соединений между конденсированной и газовой фазами использовали безводный сернокислый натрий, равный 1 г.

Нами была выбрана температура термостатирования в дозаторе равновесного пара, равная 80 °С. Этой температуры достаточно для уравнивания жидкой и паровой фазы при условии длительного термостатирования виал, в нашем случае оптимальные времена термостатирования — 40 минут или 20 минут при встряхивании проб.

При выполнении исследования применяли газовый хроматограф TRACE 1310, оснащенный двумя ПИД-детекторами и дозатором равновесного пара TriPlus 300HS.

Для проведения автоматической статической газовой экстракции 10 см<sup>3</sup> водной вытяжки помещали во флаконы вместимостью 20 см<sup>3</sup>, содержащие 1 г безводного сернокислого натрия, герметично закрывали и помещали в лоток приставки дозатора равновесного пара. Флаконы с пробой в течение 20 минут при встряхивании термостатировали при температуре 80 °С. Затем паровая фаза объемом 3 см<sup>3</sup> была введена в испаритель хроматографа.

Для разделения летучих органических соединений применяли капиллярную колонку ZB-Wax (длиной 60 м, внутренним диаметром 0,53 мм, со слоем неподвижной жидкой фазы карбовакс 20 М толщиной 1,0 мкм) и капиллярную колонку DB-624 (длиной 60 м, внутренним диаметром 0,53 мм, со слоем неподвижной жидкой фазы из 6 % цианопропил-фенила и 94 % диметилполисилоксана толщиной 3,0 мкм), установленные параллельно при помощи Y-коннектора.

Способ идентификации с применением двух колонок различной полярности основан на различии в разделительной способности двух неподвижных фаз. Благодаря этому можно получить больше информации о качестве анализируемого компонента. Десорбированная проба попадает в испаритель, соединительный капилляр и Y-коннектор, в котором поток газа-носителя делится пополам и попадает в две капиллярные колонки большого диаметра с нанесенными на их стенки неподвижными жидкими фазами разной полярности. Зоны компонентов перемещаются по капиллярным колонкам с различной скоростью. На выходе каждой колонки один и тот же компонент имеет разное время удерживания. Это позволяет уменьшить ошибки при анализе в случае наложения на пик хлорбензола пиков загрязняющих веществ, вероятно присутствующих в водных вытяжках из поликарбонатных изделий.

Температуру колонок программировали в следующем режиме: начальная температура 40 °С с выдержкой в течение 7 минут, подъем температуры до 110 °С со скоростью 5 °С/мин и далее до 220 °С со скоростью 50 °С/мин и выдержкой 2 минуты. Время удерживания хлорбензола на капиллярной колонке ZB-Wax — 15,780 минут, DB-624–20,340 минуты.

Значение нижнего предела обнаружения для хлорбензола с использованием ПИД-детектора при условиях, описанных в таблице 1, составляет 0,0018 мг/дм<sup>3</sup>, что было в 10 раз ниже нормативного значения хлорбензола в водных вытяжках из товаров народного потребления согласно требованиям ТР ТС 005/2011, ТР ТС 007/2011, ТР ТС 008/2011, ТР ТС 019/2011.

Таким образом, использование метода газовой хроматографии с ПИД-детектором и приставкой для парофазного анализа позволяет с высокой чувствительностью определять хлорбензол в водных вытяжках.

Для определения хлорбензола в водных вытяжках разработаны следующие условия работы дозатора равновесного пара и условия хроматографирования (таблица 1).

Таблица 1 — Условия работы дозатора равновесного пара и условия хроматографирования

Условие	Значение
Параметры хроматографа	
Газ-носитель	Гелий, постоянное давление 95 кПа, режим без сброса
Температура испарителя	250 °С
Температура детектора (ПИД)	250 °С
Расход водорода	30 см <sup>3</sup> /мин
Расход воздуха	300 см <sup>3</sup> /мин
Температурный режим	40 °С (7 мин.); 5 °С/мин до 110 °С; 50 °С/мин до 220 °С; 220 °С (2 мин.)
Параметры дозатора равновесного пара	
Вспомогательный газ	Азот
Время термостатирования виалы с пробой	40 мин. (при встряхивании — 20 мин.)
Температура термостата виалы с пробой	80 °С
Температура переходной линии	145 °С
Температура манифолда	135 °С
Избыточное давление в виале	1,0 бар
Время инъекции	0,5 мин.
Объем вводимой дозы равновесного пара	1–3 см <sup>3</sup>
Общее время анализа	25,2 мин.
Время удерживания	ZB-Wax — 15,780 мин., DB-624–20,340 мин.

В ТР ТС 005/2011, ТР ТС 007/2011, ТР ТС 008/2011, ТР ТС 019/2011 для анализа миграции потенциально опасных химических веществ используются только водные вытяжки. Однако в ТР ТС 005/2011 дополнительно для анализа применяются и другие модельные среды, имитирующие пищевую продукцию (например, для имитации молока и молочной продукции — 0,3%-ный раствор молочной кислоты и 3%-ная молочная кислота, плодов и фруктов — 2%-ный раствор лимонной кислоты и т.д.).

В связи с этим определение хлорбензола проводили в модельных пробах дистиллированной воды, 5%-ного раствора хлористого натрия, 2%-ного раствора лимонной кислоты, 1%-ного раствора уксусной кислоты, содержащих добавку хлорбензола в концентрации 0,01 мг/дм<sup>3</sup>.

В качестве оценочного параметра использовали площадь и высоту хроматографического пика хлорбензола при разделении на капиллярных колонках ZB-Wax и DB-624. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Результаты влияния модельных сред на содержание хлорбензола

Модельные среды	Площадь пика ПИД1, pA × min	Площадь пика ПИД2, pA × min	Высота пика ПИД1, pA	Высота пика ПИД1, pA
5%-ный раствор хлористого натрия	0,147	0,086	1,587	0,996
1%-ный раствор уксусной кислоты	0,162	0,088	1,691	1,039
2%-ный раствор лимонной кислоты	0,128	0,077	1,418	0,887

Согласно полученным результатам, для различных модельных сред наблюдаются близкие значения площадей и высот хроматографических пиков хлорбензола, что свидетельствует о нивелировании матричного эффекта за счет использования дозатора равновесного пара.

Таким образом, разработанная нами методика определения массовых концентраций хлорбензола в водных модельных средах основана на извлечении вещества из водных вытяжек газовой экстракцией при нагревании пробы в замкнутом объеме, газохроматографическом анализе равновесной паровой фазы с использованием двух параллельных кварцевых капиллярных колонок, идентификации хлорбензола по временам удерживания на двух каналах детекторов ионизации пламени и количественном определении методом абсолютной градуировки.

Проведен набор экспериментальных данных и рассчитаны метрологические характеристики методики. Установлены следующие показатели точности методики: предел повторяемости — 24%; предел промежуточной прецизионности — 29%; относительная расширенная неопределенность — 23% при доверительной вероятности  $P=0,95$  в диапазоне от 0,005 до 0,050 мг/дм<sup>3</sup>.

Разработанная методика выполнения измерений МВИ.МН 6309–2020 «Массовая концентрация хлорбензола, выделяемого из изделий из поликарбоната, в водных и воздушной средах» была метрологически аттестована на республиканском унитарном предприятии «Белорусский государственный институт метрологии», свидетельство об аттестации МВИ № 1257 от 23.10.2020. Данная методика с высокой степенью достоверности и точности позволяет осуществлять контроль безопасности упаковки, продукции, предназначенной для детей и подростков, средств индивидуальной защиты, игрушек на соответствия требованиям ТР ТС 005/2011, ТР ТС 007/2011, ТР ТС 008/2011, ТР ТС 019/2011.

Исследования проведены по заданию Евразийской экономической комиссии в рамках научно-исследовательской работы «Исследование международного опыта выполнения измерений в области определения массовой концентрации хлорбензола в водных и воздушной средах и разработка на этой основе методики определения уровня миграции, выраженного в единицах массовой концентрации, в водные и воздушную среды хлорбензола, содержащегося в изделиях из поликарбоната, в целях применения и исполнения требований технических регламентов Евразийского экономического союза и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования требованиям, установленным к данному показателю в технических регламентах Евразийского экономического союза» (2019–2020 гг.).

## Литература

1. *Khajeh, M.* Trace analysis of chlorobenzenes in water samples using headspace solvent microextraction and gas chromatography/electron capture detection / M. Khajeh, Y. Yamini, J. Hassan // *Talanta*. — 2006. — Vol. 69, iss. 5. — P. 1088–1094.

2. Chlorobenzene [Electronic resource] // Pubchem. — Mode of access: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/7964>. — Date of access: 17.08.2022.

3. *Tor, A.* Determination of chlorobenzenes in water by drop-based liquid-phase microextraction and gas chromatography-electron capture detection / A. Tor // *J. Chromatogr A*. — 2006. — Vol. 1125, iss. 1. — P. 129–132.

4. Analytical Procedure for the Determination of Chlorobenzenes in Sediments / L. Wolska [et al.] // *J. Chromatographic Sci.* — 2003. — Vol. 41, iss. 2. — P. 53–56.

5. *Jeżewska, A.* Chlorobenzene. Determination in workplace air / A. Jeżewska, A. Woźnica // *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*. — 2019. — № 1(99). — P. 19–28.

Поступила 15.09.2022

## ТРЕБОВАНИЯ И ПОДХОДЫ К ВАЛИДАЦИИ МЕТОДОВ (МЕТОДИК) ИССЛЕДОВАНИЙ (ИСПЫТАНИЙ) И ИЗМЕРЕНИЙ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

*Шарамков В. А., nmio@rspch.by,  
Табелева Н. Н., к. м. н., nmio@rspch.by,  
Столяренко В. А., nmio@rspch.by,  
Позняк И. С., к. б. н., mk@rspch.by,  
Шагун Е. В., nmio@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

К аккредитованным испытательным лабораториям предъявляются требования ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Лаборатория должна применять соответствующие методы и методики для проведения исследований (испытаний) и измерений в рамках своей сферы деятельности. Цель настоящей статьи — описать опыт и ключевые моменты проведения валидации на республиканском унитарном предприятии «Научно-практический центр гигиены» (далее — Центр), провести обзор действующего законодательства, определить проблемное поле и возможные пути решения.

На протяжении 20 лет для аккредитованных лабораторий остается актуальным применение валидированных методов (методик) исследований (испытаний) и измерений. Требования к применяемым методикам и необходимости их валидации для возможности применения регламентируются национальным законодательством Республики Беларусь [1], законодательством Евразийского экономического союза (далее — ЕАЭС) [2, 3], а также пунктом 7.2.2 международного стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025–2019.

Целью валидации методик является установление (документированное подтверждение) их пригодности для целевого назначения. Например, для оценки характеристик исследуемого объекта на соответствие требованиям, установленным нормативно-правовыми актами (далее — НПА), техническими нормативно-правовыми актами (далее — ТНПА), такими как технические регламенты, санитарные нормы и правила, гигиенические нормативы, стандарты, технические условия, фармакопейные статьи и др.

Данное требование означает, что лаборатория должна проводить испытания с целью оценки пригодности применяемой или внедряемой методики для возможности определения характеристики исследуемого показателя на уровне требований, установленных в НПА, ТНПА и другой документации на объект испытаний.

Задача валидации — определение рабочих характеристик методик, в том числе показателей точности. Важным моментом в данном определении является оценка пригодности методики для применения по назначению.

К важным рабочим характеристикам методики, определяемым в процессе валидации, относятся избирательность, специфичность, рабочий диапазон, правильность, смещение, линейность, предел обнаружения, устойчивость, прецизионность, неопределенность измерений.

Лаборатория должна принять обоснованное решение о том, какие рабочие характеристики методики должны быть исследованы в процессе валидации.

Выбор валидируемых рабочих характеристик методики зависит от цели и области ее применения.

При выборе объема валидации для установления рабочих характеристик Центр руководствуется требованиями нормативных актов и стандартным подходом, установленным в локальном акте, который в общем виде приведен в таблице 1.

Прецизионность определяют для всех количественных методов независимо от их назначения и области применения.

Правильность устанавливают для количественных методов, предназначенных для вновь разрабатываемой методики, расширения области применения стандартизированной методики.

Оценку предела обнаружения или предела количественного определения необходимо проводить прежде всего для методов определения остаточных количеств вещества.

При оценке селективности устанавливают факторы, влияющие на определение исследуемого показателя (определенные факторы или вещества, присутствующие в объекте испытания и вызывающие помехи при анализе) или мешающие ему. При наличии таких факторов они должны быть указаны в методике исследований. Для оценки специфичности может быть использован метод до-

бавок — подтверждения идентичности аналита с помощью других методик. Если мешающие факторы снижают способность методики к детектированию или количественному определению, делают вывод о необходимости доработки методики.

Предел обнаружения может быть установлен с использованием визуальной или инструментальной оценки.

Для гарантирования полного соответствия установленным требованиям в некоторых случаях может потребоваться повторная валидация (ревалидация). В качестве примеров необходимости проведения ревалидации можно привести получение отрицательных результатов валидации, установление несоответствия получаемых результатов, существенные изменения в процессе осуществления испытаний или измерений.

Описав общий подход по валидации, который применяется в Центре, группа авторов считает возможным высказать мнение о необходимости проведения валидации методик, применяемых лабораториями в рутинной практике и некоторых проблемных вопросах на эту тему.

Как было отмечено в начале статьи, термин «валидация» встречается в национальном и международном законодательстве, определение данного термина изложено в различных национальных и международных ТНПА.

Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 валидации подлежат:

- нестандартные и модифицированные методы;
- стандартные методы, используемые за пределами области их применения;
- методы, разработанные лабораторией;
- валидированные методы, если контроль качества методики свидетельствует об изменениях с течением времени.

Валидация может охватывать процедуры отбора образцов и обращения с ними, транспортировки объектов испытаний или калибровки.

Если рассматривать требования ЕАЭС, в целях проведения исследований (испытаний) и измерений могут применяться методики, аттестованные (валидированные) и утвержденные в соответствии с законодательством государства-члена, при этом порядок их валидации не определен [2].

В рамках национального законодательства в области обеспечения единства измерений урегулировано лишь применение методик измерений, при этом методики (методы) измерений, предназначенные для применения при измерениях в сфере законодательной метрологии, подлежат только лишь аттестации [4]. Любые отклонения или изменения могут быть приняты только лишь после переаттестации данных методик измерений.

Таблица 1 — Объем валидации для различных видов методик (аналитических работ)

Рабочая характеристика	Тип аналитической работы, лежащей в основе методики			
	Идентификация (качественный метод)	Количественное определение примеси	Обнаружение предельного содержания примеси	Количественное определение, измерение
Селективность (специфичность)	+	+	+	+
Предел обнаружения	-	-	+	-
Предел количественного определения	-	+	-	-
Рабочий диапазон определения	-	+	-	+
Линейность	-	+	-	+
Правильность (смещение)	-	+	-	+
Прецизионность: повторяемость	-	+	-	+
	-	+	-	+
Неопределенность измерений	-	+	-	+
Примечания: 1) - — рабочая характеристика не определяется; 2) + — рабочая характеристика определяется.				

Законодательство в области оценки соответствия и аккредитации регулирует лишь применение методик испытаний и допускает валидацию только для разработки и применения собственных методик испытаний [1], в то время как для методик измерений в [1] прописана отсылочная норма на законодательство об обеспечении единства измерений и на право ЕАЭС.

Порядок и правила валидации методик национальным законодательством Республики Беларусь не определены.

Таким образом, можно констатировать только факт регулирования процедуры валидации методик, предназначенных для проведения испытаний лекарственных средств как в праве ЕАЭС, так и в национальном законодательстве.

Возникает вопрос, с которым добросовестные лаборатории сталкиваются в своей деятельности, а именно какие методики можно считать валидными и возможными к применению в лабораторной деятельности.

Для проведения анализа валидности методик предлагаем их условное разделение на следующие группы:

*Группа 1.* Стандартизованные методики, описанные в фармакопейных статьях, и методики проведения испытаний лекарственных средств, прошедшие валидацию в соответствии с установленными процедурами.

*Группа 2.* Международные и региональные (межгосударственные) стандарты, национальные (государственные) стандарты, содержащие правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований технических регламентов ЕАЭС и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования. При этом если перечисленные стандартные методы включены в перечень взаимосвязанных стандартов к техническим регламентам ЕАЭС, который прошел метрологическую экспертизу, их можно применять, даже если они используются за пределами их области применения или каким-либо иным образом модифицированы, не предъявляя каких-либо дополнительных требований по их валидации.

*Группа 3.* Методики исследований (испытаний) и измерений, аттестованные и утвержденные в соответствии с законодательством. По данной группе, как отмечалось ранее, отсутствует единое регулирование в части методик исследований (испытаний). Данный пробел восполняется регулированием государственными органами в области общественных отношений. Так, например, в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения законодательно прописана норма о том, что государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование проводится Министерством здравоохранения и включает в себя использование и (или) разработку и утверждение соответствующих методов (методик) определения факторов среды обитания человека, которые оказывают или могут оказать неблагоприятное воздействие на организм человека [5]. Так, санитарно-эпидемиологической службой Республики Беларусь разрабатываются и утверждаются санитарные правила, инструкции по применению, которые содержат методы (методики) определения, включающие методики исследований (испытаний). Отдельно организациями Министерства здравоохранения Республики Беларусь разрабатываются методики измерений. Данные документы можно относить к стандартным методам в понимании стандарта ГОСТ ISO/IEC 17025–2019, которые на стадии разработки проходят валидацию и имеют установленные характеристики.

*Группа 4.* Валидированные лабораторией методики исследований (испытаний), относящиеся к нестандартным методам, методам, разработанным лабораторией, и стандартным методам, используемым за пределами их области применения или каким-либо иным образом модифицированным.

Полагаем, что все перечисленные группы методик исследований (испытаний) и измерений могут быть обоснованно включены в область аккредитации лабораторий.

В настоящее время существенными препятствиями для возможности обеспечения контроля продукции, регулируемой техническими регламентами ЕАЭС, являются:

- «закрытый» перечень взаимосвязанных стандартов;
- практическая невозможность применения методик из «Группы 4»;
- отсутствие института референтных лабораторий;
- отсутствие возможности формирования «гибкой области аккредитации».

Те же проблемы существуют при контроле продукции и иных объектов в рамках национального законодательства.

Таким образом, анализ действующего законодательства Республики Беларусь и Евразийского экономического союза свидетельствует об отсутствии единых требований и подходов к валидации методов (методик) исследований (испытаний) и измерений.

## Литература

1. Об оценке соответствия техническим требованиям и аккредитации органов по оценке соответствия [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 24 октября 2016 г. № 437-З. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Н11600437&p1=1>. — Дата доступа: 05.09.2022.
2. Протокол о техническом регулировании в рамках Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]: Приложение № 9 к Договору о Евразийском экономическом союзе // Консультант-Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.
3. О Фармакопее Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]: Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 11 августа 2020 г. № 100. — Режим доступа: [https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01026917/err\\_13082020\\_100](https://docs.eaeunion.org/docs/ru-ru/01026917/err_13082020_100). — Дата доступа: 05.09.2022.
4. Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19503848>. — Дата доступа: 05.09.2022.
5. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 7 января 2012 г. № 340-З. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=Н11200340>. — Дата доступа: 05.09.2022.

Поступила 14.09.2022

## Раздел 7

# МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. ТЕЗИСЫ

## ВЛИЯНИЕ СЛУЧАЙНЫХ И СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК НА РЕЗУЛЬТАТ ИСПЫТАНИЙ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

<sup>1</sup>Башун Т.В., к. х. н., доцент, [hygiene@belmapo.by](mailto:hygiene@belmapo.by),

<sup>2</sup>Бельшева Л.Л., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by)

<sup>1</sup>Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Методы математической статистики являются общепринятыми, а их справедливость общепризнана. Однако статистика имеет свои границы. Статистика дает сведения лишь с заданной или оговоренной вероятностью и риском соответствующей ошибки. Неправильно проведенный анализ не может дать при помощи статистики надежный результат. Методы математической статистики не заменяют аналитику критический склад ума, но они оказывают эффективную помощь. Существуют два фактора, по которым аналитик судит о своих результатах: воспроизводимость анализа и правильность измерений.

Воспроизводимость зависит от случайной ошибки метода анализа. Чем больше случайная ошибка, тем больше разброс значений при повторении анализа, тем меньше точность метода анализа. Отклонения полученных результатов от истинного значения вызываются систематической ошибкой.

Метод анализа лишь тогда может дать правильные значения, когда он свободен от систематических ошибок. Случайные ошибки делают неточным результат анализа, систематические — неверным сам анализ.

Появляющиеся в аналитической химии случайные и систематические ошибки можно объяснить разными причинами. При этом обычно принимают во внимание следующие соображения.

Во-первых, большинство исследуемых субстанций надо рассматривать как неоднородные. Поэтому отдельные небольшие части пробы имеют неодинаковый состав. По этой же причине результаты анализа также будут иметь случайные колебания. Также вследствие одностороннего отбора проб может быть отдано предпочтение отдельной составной части, что повлечет за собой систематическую ошибку в результатах анализа.

Во-вторых, полученные в результате анализа величины, такие, например, как масса осадка или экстинкция окрашенного раствора, можно установить только с ограниченной точностью. Это определяется использованным методом измерений, величиной, подлежащей измерению, а часто и субъективными влияниями. Если исключить влияние неправильно отрегулированных измерительных приборов, то ошибки измерений появляются в основном в форме случайных отклонений. Должным подбором условий измерений эти ошибки следует сводить к минимуму.

В-третьих, при классических химических методах анализа выявляются как случайные ошибки (например, изменение растворимости вследствие различных концентраций средней соли), так и систематические (например, явление соосаждения). Задачей аналитика является выбор метода, наиболее пригодного для соответствующей цели.

Если отбросить ошибку, вводимую при отборе пробы, как не относящуюся непосредственно к методу анализа, то общая ошибка состоит из ошибок измерения и ошибок, вызываемых химической реакцией. В общем ошибки измерения должны быть меньше, чем ошибки метода. В то время как ошибки измерения можно оценивать обсуждением ошибки, постоянно совершаемой при физических исследованиях, для ошибки метода этого сделать нельзя или можно сделать только в виде исключения. Описание этой ошибки и общей ошибки можно дать только с привлечением методов математической статистики.

Если внутри серии анализов существенна только случайная ошибка, то результаты беспорядочно рассеиваются внутри небольшой области значений, несмотря на постоянные условия опыта. Наиболее правильный результат лежит внутри этой области колебаний. Случайная ошибка может иметь размерность измеряемых величин (например, мг, мг/дм<sup>3</sup> или может быть выражена в процентах). В этом случае говорят об абсолютной ошибке измерения. Но случайная ошибка может быть также отнесена к среднему значению измеряемой величины. В этом случае говорят об относительной ошибке измерения. При представлении результатов измерения следует иметь в виду, что речь может идти о двух таких возможностях.

Наиболее просто оперировать абсолютной ошибкой. Она дает непосредственную характеристику достоверности полученного значения. Напротив, относительная ошибка часто является наглядной для характеристики метода анализа из-за ее связи с измеряемым значением.

Случайные и систематические ошибки совершенно различно отражаются на результатах анализа.

Систематические ошибки влияют на все измерения всегда в одинаковой степени. При этом истинное значение лежит вне области колебаний. Если все значения сдвинуты на одинаковую величину, то говорят о постоянной ошибке (например, неизвестное значение «холостого» опыта). Отклонения, которые изменяются с величиной измеряемого значения, называют изменяющейся ошибкой. При пропорциональности между значением измерения и величиной ошибки говорят о линейно изменяющейся ошибке (такую ошибку создает, например, неправильный титр при титровании жидкости). Оба вида ошибок могут, естественно, появляться одновременно. Систематические отклонения в основном даются в форме абсолютной ошибки.

Вследствие случайной ошибки значения параллельных определений при анализе беспорядочно рассеиваются вокруг истинного значения пробы.

Систематическая ошибка дополнительно сдвигает значения измерений в том или ином направлении. Таким образом, метод дает «неверное значение».

Несмотря на это, между обоими видами ошибок существуют определенные зависимости.

Если анализируемую пробу исследуют в различных лабораториях, то в одних лабораториях появляются систематические положительные ошибки различной величины, а в других — систематические отрицательные ошибки различной величины. Эти систематические отклонения явно больше, чем случайная ошибка метода. Так как эти отклонения имеют разную величину и разный знак, они появляются в виде беспорядочного разброса результатов или в виде увеличенной случайной ошибки. Одновременное появление систематических ошибок разной величины и знака также вызывает увеличение случайной ошибки.

Цель всех аналитических исследований — нахождение результата, наиболее близкого к истинному. Чтобы достигнуть этой цели, при выборе метода анализа мирятся с небольшой систематической ошибкой, в случае если метод дает малую случайную ошибку. Так как, несмотря на небольшой систематический сдвиг результатов, можно получить значение, более близкое к истинному содержанию пробы, чем применением метода, который хотя и «правильный», но дает очень большую случайную ошибку.

Все появляющиеся при анализах ошибки — как случайные, так и систематические — можно приписать использованному методу анализа. Кроме того, на них, например, влияют условия работы в лаборатории и квалификация исполнителей. Ошибки также могут быть подвержены колебаниям времени. При всех исследованиях аналитик должен стремиться получить возможно меньшую случайную ошибку, поддерживая постоянный контроль и постоянно исключая систематические ошибки. Последнее нужно проводить устранением причин ошибок, но не дополнительной корректурой результатов.

Обсуждение ошибок играет решающую роль при планах и оценках химико-аналитических исследований.

Поступила 14.07.2022

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА К<sub>3</sub> В ПРЕМИКСАХ И КОМБИКОРМАХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Воронцова О. С., voroncovaolga998@gmail.com,  
Андриевская Е. В., kateandrievskaya@yandex.ru,  
Войтенко С. И., wojtenkosvetlana@mail.ru

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Витамин К<sub>3</sub> (менадион) относится к группе жирорастворимых витаминов. Витамин К<sub>3</sub> играет важную роль в обмене веществ, в процессах фосфорилирования. Участвует в клеточном обмене, в печени выполняет роль катализатора, влияющего на образование важных для свертывания крови веществ: протромбина и тромботропина.

Витамин К<sub>3</sub> применяют при производстве премиксов и комбикормов для сельскохозяйственных животных, в том числе птиц, с целью обогащения рационов питания.

Типичные дозировки витамина К<sub>3</sub> в премиксах находятся в пределах 45–51,5%. Фактические дозировки зависят от вида продукта, ожидаемой нагрузки, температурных факторов и желаемых сроков, условий хранения.

Для количественного определения витамина К<sub>3</sub> в премиксе возможно применение фотометрического метода, изложенного в ГОСТ 31486–2012.

Однако используемые реактивы нестойкие, что может приводить к неверным результатам измерения. Известно, что методы высокоэффективной жидкостной хроматографии являются хорошо воспроизводимыми и точными. Поэтому нашей целью явилась разработка способа определения витамина К<sub>3</sub> методом ВЭЖХ.

Нами предлагается новый способ определения витамина К<sub>3</sub> в премиксах и комбикормах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии.

При разработке этого метода основное внимание уделялось стадиям пробоподготовки и хроматографическому анализу.

Учитывая, что витамин К<sub>3</sub> хорошо растворим в воде при нейтральном pH, экстрагирование витамина К<sub>3</sub> проводили смесью метанол/вода (1 : 1) в ультразвуковой бане в течение 15 мин. при температуре 30 °С с дальнейшим центрифугированием в течение 10 мин. при 3000 об/мин. Далее в зависимости от предполагаемого содержания витамина К<sub>3</sub>, отбирали от 5–25 см<sup>3</sup> фильтрата в делительную воронку, добавляли 1 г углекислого калия и трижды экстрагировали 1,2-дихлорэтаном.

Исследования проводили с использованием жидкостного хроматографа Shimadzu LC-20 Prominence (Япония), оснащенного диодно-матричным детектором.

Для разделения сложнocomпонентных смесей выбрана и в дальнейшем применялась колонка Agilent, Eclipse Plus C 18 (США) размером 250 × 4,6 мм с сорбентом, размер зерна которого равен 5 мкм. Режим хроматографирования: температура колонки — 35 °С, подвижная фаза — смесь дихлорметан/метанол (1 : 9 об.%). Элюирование проводилось в изократическом режиме, скорость подачи подвижной фазы — 0,5 см<sup>3</sup>/мин, объем вводимой пробы — 20 мкл. Регистрация сигнала проводилась при длине волны 250 нм. Время выхода витамина К<sub>3</sub> составило 3 минуты. Идентификация хроматографического пика проводилась по спектру.

Для определения линейности метода исследованы градуировочные характеристики графика, построенного по серии градуировочных растворов с концентрацией от 25,0 до 100,0 мкг/см<sup>3</sup>. Каждая серия градуировочных растворов подвергалась хроматографическому анализу трижды. По полученным результатам методом наименьших квадратов рассчитана градуировочная характеристика. Установлено, что градуировочный график является линейным, коэффициент корреляции составил 0,999. Нижний предел обнаружения разработанной методики для витамина К<sub>3</sub> составляет 25,0 мг/кг.

Согласно разработанной методике исследованы образцы премикса и комбикорма с внесенным содержанием витамина К<sub>3</sub>. Степень извлечения составила 97,5–99,0%. Показатель повторяемости варьировался от 1,2 до 3,9%.

В результате проведенных исследований разработана методика определения витамина К<sub>3</sub> в премиксах и кормовых добавках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методика пригодна для идентификации и количественного определения витамина К<sub>3</sub> в премиксах и кормовых добавках.

Поступила 31.08.2022

## РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ МИКРОБНОЙ КОНТАМИНАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Дудчик Н.В., д.б.н., доцент, [n\\_dudchik@mail.ru](mailto:n_dudchik@mail.ru),  
Позняк И.С., к.б.н., [nmio@rspch.by](mailto:nmio@rspch.by),  
Шагун Е.В., [nmio@rspch.by](mailto:nmio@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Апробация методики выполнения измерений микробной контаминации объектов среды технологического окружения МВИ.МН 6368–2021 «Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в смывах с поверхностей. Методика измерений методом подсчета колоний» была выполнена в ходе мониторинга пищевых производств в весенне-летний период 2022 года.

Испытания проводились в лаборатории микробиологии республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены». Объектами исследования были смывы с поверхностей инвентаря и оборудования пищевых производств г. Минска.

При оценке количественной контаминации поверхностей среды технологического окружения руководствовались следующими уровнями микробиологической нагрузки:

< 1/100 см<sup>2</sup> — отлично;

10/100 см<sup>2</sup> — удовлетворительно;

11–100/100 см<sup>2</sup> — приемлемо, но необходима своевременная дезинфекция;

101–1000/100 см<sup>2</sup> — вне контроля, рекомендуется остановить производственный процесс и найти причину контаминации.

Диапазон микробной контаминации объектов и инвентаря колебался в кондитерском цехе в диапазоне 25,3–92,5 КОЕ/100 см<sup>2</sup>, в цехе по приготовлению мясных полуфабрикатов — в диапазоне более 100 КОЕ/100 см<sup>2</sup>.

Основываясь на рекомендуемых нормах оценки микробной контаминации, микробный статус поверхностей оценили как удовлетворительный или находящийся вне контроля, когда требуются остановка производственного процесса и проведение внеочередной дезинфекции. Среди изолированных штаммов значительное число составляли психротрофные сапрофитные, менее значительную часть — мезофильные условно-патогенные бактерии. По результатам проведенной таксономической идентификации установлено, что наиболее распространенными условно-патогенными микроорганизмами в воздушной среде являются бактерии рода *Staphylococcus* (более 32%). Штаммы были идентифицированы как *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Staphylococcus caprae*, *Staphylococcus vitulinus*.

Достаточно часто выявлялись бактерии родов *Kocuria spp.* и *Micrococcus spp.*, ассоциированные с нормальной микрофлорой кожных покровов и слизистых человека.

При анализе таксономической принадлежности и частоты встречаемости микроорганизмов в смывах установлено, что для пищевых производств основная доля микробиоты условно-патогенных микроорганизмов представлена бактериями семейства *Enterobacteriaceae* и бактериями рода *Staphylococcus* (64% и 22% соответственно — для смывов с технологических поверхностей оборудования, инвентаря).

Необходимо отметить, что в 65% отобранных смывов были выявлены плесневые грибы. Для проб воздуха пищевых производств также характерно наличие плесневых грибов — колонии плесневых грибов выявлены во всех пробах, отобранных аспирационным методом, количество составило от 300 КОЕ/м<sup>3</sup> до 2240 КОЕ/м<sup>3</sup>. Количество других видов/родов условно-патогенных микроорганизмов, в том числе *Enterococcus*, *Bacillus*, *Candida*, *Micrococcus* было вариablyно и составило на разных объектах от 1,3% до 18,9% от общего количества.

Поступила 14.09.2022

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АМЛОДИПИНА БЕСИЛАТА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Крымская Т.П., *chromatographic@rspch.by*,  
Чеботкова Д.В., *chromatographic@rspch.by*,  
Лебединская К.С., *chromatographic@rspch.by*,  
Капелько И.М., *chromatographic@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Амлодипина бесилат — антагонист кальциевых каналов дигидропиридинового ряда третьего поколения, по своей гипотензивной, противоишемической, антиатеросклеротической, органопротективной активности превосходит препараты I и II поколения. Блокирует медленные кальциевые каналы (каналы L-типа), препятствует внутриклеточной гиперкальциемии и сокращению гладкомышечной клетки, оказывая сосудорасширяющее действие. Фармакокинетический профиль включает медленное начало действия, длительный эффект, высокую биодоступность.

Вещество относится к 1-му классу опасности, основные возможные побочные действия амлодипина бесилата: артралгия, судороги мышц, миалгия, тошнота, ринит, диплопия, нарушение аккомодации, ксерофтальмия, дерматит, аллергические реакции и другие побочные эффекты. Оно оказывает негативное воздействие на здоровье людей, которые занимаются разработкой, анализом и производством данной фармацевтической субстанции, поэтому необходим контроль присутствия и содержания действующих веществ препарата в воздухе рабочей зоны при производстве данного лекарственного средства. Предельно допустимая концентрация (далее — ПДК) — 0,10 мг/м<sup>3</sup>.

Спектрофотометрическое определение основано на концентрировании амлодипина бесилата из воздуха на фильтры, экстракции его с фильтров органическим растворителем, упаривании экстракта на ротационном испарителе до сухого остатка, реэкстракции метиловым спиртом и последующем количественном определении при длине волны 360 нм в кварцевых кюветках с толщиной слоя 1 см.

Исследования проводили на спектрофотометре Cary 60 (Agilent Technologies, USA). Для установления длины волны раствор с максимальным содержанием фармацевтической субстанции в метиловом спирте (100 мкг/см<sup>3</sup>) измеряли в режиме сканирования в диапазоне длин волн от 190 до 1100 нм. Максимум УФ-поглощения амлодипина бесилата соответствовал длине волны, равной 360 нм при длине оптического пути 1 см.

В связи с незначительной растворимостью амлодипина бесилата в воде была изучена эффективность его извлечения с фильтров различными органическими растворителями: метиловым спиртом, 96%-ным этиловым спиртом, 0,1 М раствором соляной кислоты. Наибольшая степень извлечения достигалась при экстрагировании метиловым спиртом, поэтому в качестве экстрагента использовали именно его. Полученный экстракт концентрировали с помощью ротационного испарителя, растворяли в метаноле и далее проводили анализ на спектрофотометре при длине волны 360 нм.

Данный способ определения позволяет осуществлять анализ действующего вещества в воздухе рабочей зоны на уровне 0,5 ПДК.

Диапазон измеряемых концентраций амлодипина бесилата в воздухе рабочей зоны составляет от 0,05 до 1,20 мг/м<sup>3</sup> при отборе определенного объема воздуха для достижения ожидаемого уровня загрязнения.

Показатели точности метода измерений массовой концентрации амлодипина бесилата в воздухе рабочей зоны в заданных диапазонах измерений составили: предел повторяемости —  $r = 12\%$ , предел промежуточной прецизионности —  $R_{1(10)} = 21\%$ , относительная расширенная неопределенность —  $U = 16\%$ .

Поступила 31.08.2022

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУАЗИНАМА В ЯГОДАХ ЧЕРНИКИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ МАТРИЧНОГО ЭФФЕКТА

Курпединов К. С., kurpedinovks@fferisman.ru,  
Горячева Л. В., goriachevalv@fferisman.ru

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф. Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Употребление свежих ягод является важным элементом полноценного питания, положительно влияющим на здоровье населения. Однако всегда остается вероятность содержания в них остаточных количеств пестицидов, которые применялись при возделывании растительных культур с целью сохранности урожая, поэтому аналитический контроль всегда остается важной составляющей в оценке безопасности продукции, выращенной с применением средств химической защиты.

В настоящее время в мире широко используются препараты на основе фунгицида флуазинама [3-хлор-N-(3-хлор-5-трифторметил-2-пиридил-α, α, α-трифтор-2,6-динитро-п-толуидин)], относящегося к химическому классу фенилпиримидинаминов, область применения которого планируется расширить для обработки черники.

При обработке растительных культур флуазинам проявляет куративную и системную активность с длительным остаточным эффектом. В сельскохозяйственной практике данный фунгицид оказался эффективен против раннего фитофтороза (вызываемого *Alternaria solani*), склеротинии (вызываемой малой склеротинией), фитофтороза картофеля (вызываемого *Phytophthora infestans*), серой гнили винограда и яблонь (вызываемой *Botrytis cinerea*).

Целью исследовательской работы является разработка метода определения его остаточных количеств в ягодах черники для обеспечения контроля импортируемой продукции на территории Российской Федерации.

Оценив химический состав, можно с уверенностью утверждать, что ягоды черники являются сложной матрицей с большим содержанием пигментов, летучих и нелетучих компонентов, относящихся к различным химическим классам, что может приводить к сложностям как при идентификации, так и при количественном определении исследуемых в ней аналитов.

Для извлечения пестицидов из растительных продуктов хорошо зарекомендовал себя двухэтапный метод пробоподготовки QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe — Быстро, Просто, Дешево, Эффективно, Надежно и Безопасно), который включает твердо-жидкостную экстракцию и дисперсионную твердофазную очистку с применением комбинации солей. Данный метод во многих исследованиях показал положительный результат по эффективности извлечения большого числа пестицидов из пигментированного растительного сырья с минимальными мешающими эффектами матриц при количественном определении методами газовой и высокоэффективной хроматографии, согласованными с селективным масс-спектрометрическим детектированием. Поэтому данный способ пробоподготовки был выбран для исследования и применен при определении флуазинама в ягодах черники.

Экстракция аналита из гомогенизированных образцов ягод была выполнена ацетонитрилом, в качестве солей для экстракции применялась смесь, состоящая из сульфата магния, хлорида натрия, цитрата натрия и натрия лимоннокислого двузамещенного. Для дисперсионной твердофазной очистки экстракта применялся сорбент на основе первичных и вторичных аминов. Так как ягоды черники содержат повышенное содержание пигментов, дополнительным сорбирующим компонентом при дисперсионной очистке служила графитизированная сажа.

Хромато-масс-спектрометрический анализ флуазинама осуществлялся в режиме электронной ионизации (энергия электронов 70 эВ) при температуре: источника ионов — 230 °С, квадруполя — 150 °С, переходной камеры — 280 °С.

В исследованиях использован газовый хроматограф Agilent Technologies 6890 N с масс-селективным детектором Agilent Technologies 5975 S. Для разделения веществ использовалась капиллярная кварцевая колонка HP-5ms длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм, содержащая сорбент: 5 % фенилполисилоксана и 95 % диметилполисилоксана, толщина пленки сорбента 0,25 мкм; газ-носитель (гелий), поток — 1,0 см<sup>3</sup>/мин; объем вводимой пробы 1 мм<sup>3</sup>; температура испарителя — 260 °С; режим термостата колонки: начальная температура — 140 °С, нагрев со скоростью 10 °С/мин до температуры 200 °С, выдержка в течении 5 мин. при температуре 200 °С, нагрев со скоростью 10 °С/мин до температуры 270 °С, выдержка в течении 1 мин. при температуре 270 °С.

В процессе изучения влияния матрицы на возможность количественного определения флуазинама были подобраны условия инструментального анализа, при которых отсутствовала интерференция хроматографических пиков матричных компонентов и исследуемого аналита.

В качестве трех фрагментных ионов для количественного расчета и подтверждения полученного хроматографического сигнала исследуемому соединению были в первую очередь выбраны самые интенсивные в масс-спектре ионы со значением масса/заряд ( $m/z$ ), равным 387, 417 и 371.

Однако в результате количественного сравнения интенсивности пиков выбранных ионов на хроматограмме пробы черники с внесением флуазинама было выявлено многократное завышение интенсивности сигнала для фрагментного иона со значением  $387 m/z$ , с учетом отсутствия пика при времени удерживания исследуемого аналита в контрольном образце, которым послужил экстракт черники. Стоит отметить, что в процессе аналогичного сравнительного исследования по определению флуазинама в плодах яблок подобный матричный эффект отсутствовал, это свидетельствует о том, что завышение интенсивности сигнала происходит из-за компонентов, которые присутствуют только в ягодах черники.

Возникновение подобного матричного эффекта исключает выбор самого интенсивного фрагментного иона в масс-спектре со значением  $387 m/z$  для количественного расчета. В качестве подтверждающего данный ион также невозможно применить, поскольку отклонение соотношения интенсивности сигналов количественного иона и подтверждающего иона для образца черники с внесением флуазинама не должно превышать  $\pm 30\%$  от среднего значения соотношений ионов для градуировочных растворов.

Поэтому для количественного определения был выбран фрагментный ион со значением  $371 m/z$ , в качестве подтверждающих выбраны фрагментные ионы со значениями 417 и 419, имеющие аналогичную структуру, но содержащие разные изотопы атомов хлора ( $^{35}\text{Cl}$  и  $^{37}\text{Cl}$ ), что соответствует наличию характерной мультиплетности сигнала в масс-спектре.

В указанных условиях анализа был достигнут нижний предел количественного определения флуазинама в ягодах черники, равный  $0,025 \text{ мг/кг}$ . Средняя полнота извлечения по диапазону определяемых концентраций  $0,025\text{--}2,5 \text{ мг/кг}$ , в соответствии с градуировочным графиком, составила  $86\%$  при среднем квадратичном отклонении (СКО) —  $5,8\%$ .

Данные подходы были изложены в представленных к утверждению в установленном порядке Методических указаниях по определению остаточных количеств флуазинама в ягодах черники методом газожидкостной хроматографии с масс-селективным детектором, предназначенных для контроля безопасности импортируемой продукции на территории Российской Федерации.

Поступила 12.09.2022

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ АМБРОКСОЛА ГИДРОХЛОРИДА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Лебединская К. С., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Капелько И. М., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Крымская Т. П., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by),  
Чеботкова Д. В., [chromatographic@rspch.by](mailto:chromatographic@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Амброксол гидрохлорид (4-[(2-амино-3,5-дибромфенил) метиламино]циклогексан-1-ол (в виде гидрохлорида)) — лекарственное средство, которое относится к группе мукалитиков и оказывает отхаркивающее действие, являясь метаболитом бромгексина. В настоящее время амброксол гидрохлорид является одним из наиболее широко используемых препаратов при лечении острых и хронических заболеваний дыхательных путей, проявляет противовоспалительную активность, антиоксидантное и местное анестезирующее действие.

Амброксол гидрохлорид классифицирован как вещество, вызывающее раздражение кожных покровов, глаз, слизистой оболочки дыхательных путей. В фармацевтической отрасли промышленности при производстве готовых лекарственных форм данное соединение может поступать в воздух рабочей зоны в виде мелкодисперсного аэрозоля (пыли) и оказывать неблагоприятное воздействие

на здоровье персонала. Вследствие этого необходим контроль состояния воздушной среды при производстве данного лекарственного средства.

Амброксол гидрохлорид по степени воздействия на организм относится к 3-му классу опасности (вещество умеренно опасное). Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны — 0,4 мг/м<sup>3</sup>.

В настоящее время для определения амброксола гидрохлорида в фармацевтических субстанциях и лекарственных препаратах используются хроматографические и спектрофотометрические методы. Однако на основании изучения литературных источников выявлено, что метрологически аттестованная методика определения амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны в Республике Беларусь отсутствует, и разработка данной методики является актуальной. Спектрофотометрия из приведенных выше методов относится к наиболее доступным.

Целью работы является разработка метрологически аттестованной методики определения фармацевтической субстанции амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны спектрофотометрическим методом.

При разработке методики учитывались особенности физико-химических свойств и спектральные характеристики амброксола гидрохлорида. Вещество представляет собой твердый кристаллический порошок желтоватого цвета. Хорошо растворим в метаноле, умеренно растворим в воде.

На первом этапе исследований разработаны условия отбора проб воздуха, условия пробоподготовки и детектирования.

Для измерения концентрации амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны исследуемый воздух протягивали с помощью аспирационного устройства через фильтры АФА-ВП. Этапы пробоподготовки включали в себя извлечение амброксола гидрохлорида с фильтров метанолом, концентрирование экстракта путем полного удаления метанола, растворение сухого остатка в дистиллированной воде. Далее — проведение реакций с 3-метил-2-бензотиазолинона гидразона гидрохлорида в присутствии аммония церия (IV) сульфата с последующим определением окрашенного в малиновый цвет продукта реакции спектрофотометрическим методом при длине волны 570 нм с длиной поглощающего слоя 1 см.

Измерения оптической плотности проводили на спектрофотометре Cary 60 (Agilent Technologies, USA).

В результате исследований подобраны условия отбора проб воздуха и пробоподготовки, установлены оптимальные условия детектирования спектрофотометрического анализа и проведены экспериментальные исследования по набору статистических данных для установления метрологических характеристик методики.

Вычисление массовой концентрации амброксола гидрохлорида проводят по предварительно построенному градуировочному графику зависимости оптической плотности от массовой концентрации вещества в растворе в диапазоне от 100 до 500 мкг/см<sup>3</sup>.

Массовую концентрацию амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны рассчитывают с учетом массовых концентраций, найденных по градуировочному графику, объема раствора пробы, отобранного объема воздуха, приведенного к стандартным условиям.

Диапазон измеряемых концентраций амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны составляет от 2,0 до 50,0 мг/м<sup>3</sup> при отборе объема воздуха, зависящего от предполагаемой концентрации амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны.

Таким образом, разработана методика определения АМИ.ГМ 0088–2022 «Массовая концентрация амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны. Методика измерений спектрофотометрическим методом».

Установлены следующие метрологические характеристики методики определения амброксола гидрохлорида в воздухе рабочей зоны: предел повторяемости  $r = 11\%$ , предел промежуточной прецизионности  $R_{(ГО)} = 29\%$ , расширенная неопределенность  $U = 23\%$ .

Поступила 31.08.2022

# ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУХА НА СОДЕРЖАНИЕ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ФУРАНА И МЕТИЛФУРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ТЕРМОДЕСОРБЦИИ

Мальцева О.А., к. б. н., [malceva@fcrisk.ru](mailto:malceva@fcrisk.ru),  
Нурисламова Т.В., д. б. н., доцент, [nurtat@fcrisk.ru](mailto:nurtat@fcrisk.ru)

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Пермь, Россия

Определение токсичных органических загрязнителей атмосферного воздуха требует постоянного совершенствования и разработки современных инструментальных методов отбора проб в соответствии с нормативными документами. Химический анализ атмосферного воздуха относится к числу наиболее сложных задач контроля, так как в одной пробе могут одновременно присутствовать сотни токсичных примесей органических соединений и неорганических веществ различных классов и в различных агрегатных состояниях (пары, аэрозоли и газы). Содержание токсичных летучих органических соединений (далее — ЛОС), поступающих из различных источников в атмосферу, находится на уровне микропримесей, т. е. в интервале  $10^{-4}$ – $10^{-7}$ %, что затрудняет задачу селективного определения.

Актуальность и сложность задачи унификации методик аналитического контроля содержания токсичных летучих органических соединений в воздухе требует в первую очередь правильного отбора проб воздуха, который является важнейшей частью аналитической процедуры при осуществлении контроля качества атмосферного воздуха. Задача отбора проб воздуха заключается в том, чтобы отобрать достаточное количество вещества для анализа и обеспечить условия сохранности вещественного состава среды в течение всего времени до получения результата анализа.

Цель исследования — обоснование и выбор способа отбора проб воздуха для химического анализа летучих органических соединений (на примере фурана и метилфурана).

Объектами исследований являлись: отработка и оптимизация условий и способа подготовки проб атмосферного воздуха к химическому анализу фурана и метилфурана; изучение эффективности процесса сорбции-десорбции фурана и метилфурана на различных сорбентах.

Стандартные образцы фурана и метилфурана ( $\geq 99,0\%$  Sigma-Aldrich), растворитель гептан, трубки, заполненные полимерным сорбентом марки Tenax, кремнеземным сорбентом марки «Силохром С-120» и уголь.

Экспериментальные исследования по отработке эффективных приемов и способов подготовки проб атмосферного воздуха для анализа фурана и метилфурана выполнены на газовом хроматографе «Кристалл-5000» с масс-селективным детектором, применением капиллярной колонки Poraplot Q длиной 25 м.

При выполнении исследований с целью эффективного извлечения аналитов отработаны параметры и условия отбора проб воздуха: метод низкотемпературного концентрирования, метод сорбции на фильтры из кварцевого микроволокна и сорбционную трубку с Tenax TA и метод сорбции на трубку с Tenax TA при температуре 20–25 °С, что позволило определить эффективный способ отбора проб воздуха на содержание фурана и метилфурана.

Сравнительный анализ методов отбора проб воздуха на содержание фурана и метилфурана показал, что эффективным способом является метод отбора проб воздуха с применением низкотемпературного концентрирования с помощью хладагентов на сорбционные трубки Tenax-TA с последующей термодесорбцией и хромато-масс-спектрометрическим детектированием.

При отборе проб фурана и метилфурана из атмосферного воздуха использовали метод низкотемпературного концентрирования (при температуре существенно более низкой, чем температуры кипения анализируемых соединений) путем охлаждения сорбционной ловушки с помощью хладагентов. Для этого отбор пробы выполняли методом прокачки воздуха через охлаждаемую ловушку с сорбентом. Основной компонент (воздух) проходил через ловушку, не удерживаясь, а примеси (фуран и метилфуран) концентрировались в ловушке. Для концентрирования компонентов фурана и метилфурана через трубку с сорбентом Tenax аспирировали стандартный образец с содержанием 0,012 мкг ( $v = 1$  мкл) с помощью аспиратора при режиме отбора пробы со скоростью 0,1 л/мин, время отбора 10 минут. После проведения хромато-масс-спектрометрического анализа проб воздуха

концентрация фурана составила 0,012 мкг/л, метилфурана 0,0119 мкг/л, что соответствует полноте извлечения для фурана — 100 % и метилфурана — 99,2 %.

Полученные результаты показывают, что эффективность отбора проб воздуха в течение 10 минут с расходом 0,1 л/мин на содержание фурана и метилфурана при использовании метода низкотемпературного концентрирования определяемых ЛОС на сорбционную трубку с Tenax составила для фурана 100 % и метилфурана 99,2 %.

Поступила 12.09.2022

## **ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРОБОПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

*Мусабиров Д. Э., 30102000@rambler.ru,  
Курилов М. В., ufa.lab@yandex.ru,  
Аухадиева Э. А., ufa.lab@yandex.ru,  
Афонькина С. Р., к. х. н., ufa.lab@yandex.ru,  
Даукаев Р. А., к. б. н., ufa.lab@yandex.ru,  
Зеленковская Е. Е., ufa.lab@yandex.ru*

Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

Хлорорганические пестициды представляют собой широкий класс пестицидов. К ним относятся изомеры гексахлорциклогексана ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) (далее — ГХЦГ), изомеры ДДТ и т. д. Данные химические вещества могут воздействовать на человека, вызывая эндометриоз и рак матки. В соответствии с директивами Европейского Сообщества хлорорганические пестициды в питьевой воде не должны присутствовать в концентрации более 0,1 мкг/дм<sup>3</sup>.

При использовании межгосударственного стандарта ГОСТ 31858 «Вода питьевая. Метод определения содержания хлорорганических пестицидов газожидкостной хроматографией» (далее — ГОСТ 31858) для контроля содержания  $\gamma$ -ГХЦГ в водопроводной воде был обнаружен ряд проблем:

1) экстрагент  $n$ -гексан быстро испарялся, что затрудняло точное определение конечного объема экстракта;

2) добавление этилового спирта к эмульсии воды и  $n$ -гексана не приводило к разрушению эмульсии. Вследствие вышеизложенного возникла необходимость в оптимизации процесса жидкостно-жидкостной экстракции  $\gamma$ -ГХЦГ из воды при его анализе методом газовой хроматографии.

Исследования проводили с использованием газового хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000», оснащенного детектором электронного захвата и хроматографической колонкой CR-5 (30 м × 0,32 мм, толщина пленки 0,5 мкм). Применяли метод добавок, в качестве экстрагируемого вещества использовали стандартный образец пестицида  $\gamma$ -ГХЦГ в концентрации 2,2 мкг/см<sup>3</sup> (ГО 8890–2007, массовая доля  $\gamma$ -ГХЦГ «линдана» 99,1 %, ООО «НПАЦ Эколан», Россия). Добавку вводили в сверхчистую воду из системы Arrium mini, не содержащую органических веществ. Количество параллельных измерений в одном опыте было не менее 5.

На первом этапе исследований были предложены следующие модификации ГОСТ 31858 для определения содержания  $\gamma$ -ГХЦГ в питьевой воде:

1) уменьшены объемы пробы анализируемой воды и экстрагента ( $n$ -гексана) в два раза по сравнению с указанными в ГОСТ 31858;

2) до начала экстрагирования для предварительного разрушения эмульсии в пробу воды вводится навеска натрия хлористого в сухом виде (10 г);

3) увеличено время каждого экстрагирования с 5 до 10 минут.

В результате получили степень извлечения пестицида из водной матрицы 96 % с относительным стандартным отклонением 2 %. Далее было решено заменить  $n$ -гексан на  $n$ -гептан при тех же условиях эксперимента. Замена экстрагента привела к росту степени извлечения  $\gamma$ -ГХЦГ до 98 % с относительным стандартным отклонением 1 %.

Таким образом, проведена оптимизация процесса жидкостно-жидкостной экстракции  $\gamma$ -ГХЦГ из воды по ГОСТ 31858, результатом которой стала степень извлечения пестицида на уровне 98 %.

Поступила 16.08.2022

# ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ СОДЕРЖАНИЯ АМИТРАЗА И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА И МЕДЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ–МС/МС

Полянских Е.И., к.х.н., [alena.ip@mail.ru](mailto:alena.ip@mail.ru),  
Бельшева Л.Л., [llbelysheva@gmail.com](mailto:llbelysheva@gmail.com),  
Булгакова О.А., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Инсектицид амитраз широко используется для лечения варроатоза у сельскохозяйственных животных и пчел, его остаточное количество может присутствовать в продукции животноводства и меда. В соответствии с действующими нормативными документами остаточное содержание инсектицида амитраз и его метаболитов в пищевой продукции нормируется и в сумме не должно превышать от 0,01 до 0,40 мг/кг в зависимости от вида пищевой продукции (требования Санитарных норм и правил «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21.06.2013 № 52; Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»; Решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 13.02.2018 № 28). Однако из-за отсутствия метрологически аттестованной методики определения амитраза и его метаболитов в продукции животноводства и меда контроль содержания данного соединения и его метаболитов в пищевой продукции животного происхождения аккредитованными лабораториями Республики Беларусь ранее не проводился.

В этой связи целью работы являлась разработка методики выполнения измерений (далее — МВИ) массовой доли амитраза и его метаболитов в продукции животноводства и меда, ее метрологическая аттестация, проведение скрининговых исследований продукции животноводства для оценки степени ее контаминации данными соединениями.

В результате выполнения научно-исследовательской работы изучено распределение амитраза и его метаболитов (2,4-диметиланилин (далее — ДМА), N-(2,4-диметилфенил)-N'-метилформамидина (далее — ДМФФ) и 2,4-диметилформамидина (далее — ДМФ)) в системах «водный раствор аналита – органический растворитель». Установлено, что оптимальным экстрагентом для выделения данных соединений из продукции животноводства и меда является дихлорметан. Разработаны режимы хроматографирования и параметры настроек масс-детектора, позволяющие достичь удовлетворительного разделения амитраза и его метаболитов на хроматографической колонке, а также достичь максимального отклика аналитов. Для каждого аналита установлены ион-предшественник, которым является протонированная форма соединения, а также соотношение массы к заряду ( $m/z$ ) дочерних ионов. По наиболее интенсивному дочернему иону проводится количественное определение содержания амитраза и его метаболитов, а по соотношению откликов дочерних ионов подтверждается достоверность определения.

На основании проведенных исследований разработана методика определения амитраза и его метаболитов в продукции животноводства и меда. Принцип метода основан на проведении экстракции аналитов из пищевой матрицы при помощи ацетонитрильно-водной смеси, удалении органического растворителя, очистке водного экстракта аналитов на картриджах, заполненных диатомовой землей при использовании в качестве экстрагента дихлорметана, концентрировании аналитов за счет отгонки растворителя и растворении сухого остатка в ацетонитриле и воде меньшего объема с последующим анализом методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием в режиме регистрации множественных реакций, количественном определении амитраза методом внутреннего стандарта с использованием матричной градуировки и определении ДМА, ДМФФ и ДМФ методом абсолютной матричной градуировки. Диапазон определяемых значений массовой доли амитраза и его метаболитов составляет для молока от 0,001 до 0,012 мг/кг, для меда, печени, почек, жира-сырца — от 0,025 до 0,250 мг/кг.

Для оценки метрологических параметров методики (повторяемости и промежуточной прецизионности, правильности, а также соответствующих значений расширенной стандартной неопределенности) проведены экспериментальные исследования пяти видов продукции животноводства (молоко, печень, почки, жир сельскохозяйственных животных, мед) с добавками аналитов в концентрациях, охватывающих диапазон измерения разработанной методики. Проведено по 18 определений для каждого образца, выполненных с двумя изменяющимися факторами: время, оператор.

Установлены относительные значения пределов повторяемости, которые составили от 8 % до 37 %, промежуточной прецизионности (от 9 % до 60 %), относительной расширенной неопределенности (от 17 % до 61 %) для амитраза и его метаболитов в зависимости от диапазона измерений и вида исследуемой продукции. Разработанная методика прошла метрологическую аттестацию в Белорусском государственном институте метрологии и утверждена в установленном порядке (МВИ. МН 6330–2020).

Согласно разработанной МВИ проведены скрининговые исследования 20 образцов молока коровьего, 20 образцов печени, 20 образцов почек и 20 образцов жира сельскохозяйственных животных, произведенных в Республике Беларусь. Наличие амитраза и его метаболитов (ДМА, ДМФ, ДМФФ) в данной продукции не обнаружено в пределах количественного определения методики, которая для молока составила 0,001 мг/кг, для печени, почек и жира — 0,025 мг/кг. Также проанализировано 80 образцов меда. Установлено, что содержание амитраза и его метаболитов в данной продукции не превышает максимально допустимый уровень (0,2 мг/кг для суммы амитраза и всех метаболитов, содержащих 2,4-диметиланилиновую группу). Метаболиты амитраза ДМА и ДМФФ в данной продукции отсутствовали полностью, остаточное содержание метаболита ДМФ было обнаружено в 2 образцах меда и составило 0,0265 мг/кг и 0,029 мг/кг, что на порядок меньше установленного предельно допустимого уровня (далее — ПДУ). Амитраз содержался в 7 образцах меда, произведенного на пасаках фермерских хозяйств Минской, Брестской и Гомельской областей. Его содержание варьировалось в диапазоне концентраций от 0,0256 мг/кг до 0,1537 мг/кг, что также ниже ПДУ.

На основании данных, полученных в результате проведения скрининговых исследований продукции животноводства (молока, печени, почек, жира сельскохозяйственных животных) и меда на содержание остаточных количеств амитраза и трех его основных метаболитов сформирована электронная база данных, не содержащая охраняемой законом тайны о контаминации сельскохозяйственной продукции данными соединениями.

Поступила 06.09.2022

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОБОДНОЙ ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕРИВАТИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Полянских Е.И., к.х.н. [alena.ip@mail.ru](mailto:alena.ip@mail.ru),  
Федорова Т.А., [tanyachemist77@mail.ru](mailto:tanyachemist77@mail.ru),  
Лавринович Н.А., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by),  
Занько Д.А., [chf@rspch.by](mailto:chf@rspch.by)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

Глутаминовая кислота (далее — ГК) (E620) и ее соли (E621–E625) широко используются при производстве мясо- и рыбопродуктов, продуктов переработки овощей, соусов, кетчупов, продуктов быстрого приготовления, бульонных кубиков, вкусо-ароматических смесей для обсыпки чипсов, орехов, кондитерских изделий и другой продукции. Содержание данных усилителей вкуса и аромата в пищевой продукции регулируется требованиями технического регламента Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», который устанавливает предельное содержание добавок E620–E625 в пищевой продукции на уровне 10 г/кг (в пересчете на ГК). Однако имеющиеся методики по определению свободной (не связанной в белке) ГК не охватывают весь спектр производимой пищевой продукции, что не позволяет контролировать ее содержание аккредитованными лабораториями Республики Беларусь. В связи с этим целью работы явилась разработка методики, позволяющей быстро, с высокой надежностью и достоверностью определять свободную ГК во всех видах пищевой продукции.

Обращенно-фазовый вариант высокоэффективной жидкостной хроматографии (далее — ВЭЖХ) с фотометрическим или флуоресцентным (далее — ФЛД) детектированием является наиболее экспрессным и доступным при анализе ГК. Для перевода ГК во флуоресцирующее соединение используются различные дериватизирующие агенты: диметиламиноазобензолсульфонил хлорид (далее — ДАБС), ортофталевый альдегид (далее — ОФА) и другие. В процессе разработки методики изучены режимы протекания реакций дериватизации ГК с указанными реагентами.

Установлено, что использование ОФА в качестве дериватирующего агента является предпочтительным по сравнению с ДАБС, так как условия протекания реакции более мягкие ( $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 5 мин.), что позволяет автоматизировать данный процесс с помощью современных систем ВЭЖХ: проводить реакцию дериватизации в вials непосредственно перед вводом пробы в хроматограф. Анализ становится менее трудоемким и времязатратным. Получаемые ОФА-производные аминокислот являются флуоресцирующими соединениями, что дает возможность использовать флуоресцентный детектор для определения ГК и тем самым увеличить чувствительность методики ее определения, а также уменьшить влияние примесей в пробе путем увеличения кратности ее разбавления. Так как ОФА-производная ГК выходит из хроматографической колонки одной из первых, то использование градиентного режима элюирования (постепенное увеличение доли органического компонента подвижной фазы) позволяет быстро очистить колонку от интерферирующих примесей, при этом также наблюдается гашение флуоресценции ОФА-производных других аминокислот, что также способствует повышению селективности методики.

В результате проведенных исследований разработаны оптимальные условия хроматографического анализа и пробоподготовки для количественного определения свободной ГК в пищевой продукции, что позволило разработать и валидировать доступную в исполнении методику определения ГК с помощью ВЭЖХ-ФЛД. Диапазон количественного измерения методики составляет 0,25–100 г/кг. Максимальная расширенная неопределенность полученных результатов не превысила 26,3% на нижнем уровне диапазона измерения. Данная методика позволяет с высокой точностью и чувствительностью определять ГК и осуществлять контроль за ее содержанием в следующих видах пищевой продукции: хлебобулочные, плодоовощные, мясные, рыбные, молочные продукты, специи. Методика прошла метрологическую аттестацию в Белорусском государственном институте метрологии и утверждена в установленном порядке (МВИ.МН 6364–2021 «Массовая доля L-(+)-глутаминовой кислоты в пищевой продукции. Методика измерений методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуоресцентным детектированием»).

Поступила 06.09.2022

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОНТАМИНАЦИИ ОБЪЕКТОВ СРЕДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Тонко О.В., к.м.н., доцент, tonko.oxana@gmail.com,  
Коломиец Н.Д., д.м.н., профессор, ndkolomiets@mail.ru,  
Ханенко О.Н., к.м.н., доцент, o\_hanenko@mail.ru,  
Семашко Д.А., d5668832@yandex.by*

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь

Работа выполнялась Белорусской медицинской академией последипломного образования в рамках задания «Разработать и внедрить метод прогнозирования санитарно-эпидемиологического состояния объектов среды пищевых производств» согласно Плану научных исследований и разработок общегосударственного отраслевого назначения, направленных на научно-техническое обеспечение деятельности Министерства здравоохранения Республики Беларусь на 2019–2021 гг.

В целом задачей научно-исследовательской работы являлась разработка технологии прогнозирования санитарно-эпидемиологического состояния производства пищевой продукции на основе микробиологического мониторинга.

Организации, занимающиеся производством пищевой продукции, должны использовать микробиологический мониторинг как средство оценки и управления общим уровнем гигиены в среде технологического окружения. Мониторинг общего уровня гигиены дает представление об уровне чистоты в тестовой среде — измеряет эффективность процедур очистки и санитарии на месте и их способность эффективно удалять остатки пищи и транзиторные группы микроорганизмов.

Для решения этой задачи доступны различные методы, включая общий визуальный осмотр, системы мониторинга АТФ и другие быстрые или альтернативные методы микробиологического

мониторинга среды технологического окружения на предмет наличия целевых групп патогенов в производственной среде. Обнаружение пищевых патогенов выполняет две важные функции:

1) подчеркивает присутствие важных пищевых патогенов, которые могли быть занесены в среду обработки пищевых продуктов, как правило, в результате контакта с людьми или из сырых ингредиентов, но которые, возможно, не были устранены с помощью обычных процедур очистки, мойки и дезинфекции;

2) указывает на источники этих патогенов, которые могут находиться в тестируемой среде.

Микробиологический мониторинг на предмет наличия целевых групп патогенов в производственной среде должен использоваться для выявления неприемлемых условий среды технологического окружения и, в свою очередь, должен помочь в борьбе с патогенными бактериями, такими, например, как представители родов *Salmonella* и *Listeria*.

В соответствии с научно обоснованной прогностической моделью развития санитарно-эпидемиологического состояния при производстве пищевой продукции разработаны качественные критерии оценки микробиологической контаминации объектов среды технологического окружения и критерии количественного содержания микроорганизмов в смывах при производстве пищевой продукции.

Качественные критерии рекомендуется применять при внеплановом государственном санитарном надзоре по эпидемиологическим показаниям; при плановом государственном санитарном надзоре в случае неудовлетворительного текущего санитарно-технического и санитарно-гигиенического состояния объекта; при проведении оценки эффективности системы контроля безопасности пищевой продукции или ее элементов в пищевой цепи, в том числе надлежащих гигиенических практик и программ контроля безопасности на пищевом предприятии.

Качественными критериями являются обнаружение патогенных (*Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*) и индикаторных групп микроорганизмов (бактерии порядка *Enterobacteriales*, стафилококки, энтерококки, псевдомонады, дрожжеподобные и плесневые грибы).

Количественные критерии рекомендуется применять при выполнении программ и оценки эффективности системы производственного контроля безопасности на пищевом предприятии; при контроле эффективности процедур очистки, мойки, дезинфекционно-стерилизационных мероприятий и их способности эффективно удалять остатки пищи и транзитные группы микроорганизмов.

Критериями количественного содержания микроорганизмов в смывах с объектов среды технологического окружения при производстве пищевой продукции являются концентрации клеток мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в смывах с поверхностей объектов пищевых производств, обнаруженные с использованием методики выполнения измерения, предназначенной для количественного определения общего числа жизнеспособных микроорганизмов на поверхностях.

Гигиенический норматив, определяющий предельно допустимую концентрацию мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в смывах с объектов пищевых производств, должен быть обоснован на основе методологии анализа микробиологического риска производителем пищевой продукции и отслеживаться в динамике в процессе выполнения программ производственного контроля безопасности на пищевом предприятии.

После отбора проб и микробиологического анализа будет доступен ряд результатов, которые позволят определить общий уровень гигиены в оцениваемых производственных средах и уровень микробиологической чистоты объектов среды технологического окружения пищевых производств. Эта информация представляет собой ценный инструмент для поддержания и повышения качества и безопасности продуктов. Кроме того, обнаружение конкретных патогенов, таких как сальмонелла и листерия, имеет решающее значение для обеспечения безопасности пищевых продуктов для потребителя. Производители пищевых продуктов нередко реагируют только на неприемлемые результаты, когда эти патогены появляются при оценке конечных пищевых продуктов, однако важно (особенно в отношении продуктов с высоким риском), чтобы внедрялись и выполнялись постоянные методы отбора проб окружающей среды.

Оценка правильности и полноты выбора образцов и планов отбора проб, а также данные испытаний, полученные в течение продолжительных периодов времени, должны дать возможность прогнозировать санитарно-эпидемиологическое состояние производства, что, в свою очередь, должно привести к совершенствованию системы контроля безопасности пищевой продукции или ее элементов в пищевой цепи, в том числе надлежащих гигиенических практик и программ контроля безопасности на пищевом предприятии.

Поступила 09.09.2022

## ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ

<sup>1</sup>Шарамков В.А., *rspch@rspch.by*,

<sup>2</sup>Гозиев С.О., *usen@apgtm.uz*,

<sup>2</sup>Ахмаджанов Н.Т., *usen@apgtm.uz*,

<sup>1</sup>Бельшева Л.Л., *chf@rspch.by*,

<sup>1</sup>Крымская Т.П., *chromatographic@rspch.by*

<sup>1</sup>Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Управление санитарно-эпидемиологического надзора Главного медицинского управления при Администрации Президента Республики Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан

В настоящее время перед лабораториями системы государственного санитарного надзора и аккредитованными на соответствие требованиям международного стандарта ISO/IEC 17025 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» стоят задачи по организации системы менеджмента, проведению межлабораторных испытаний, валидации методов анализа. Важным аспектом работы является международное сотрудничество, позволяющее в наилучшей степени обменяться опытом организации и проведения санитарно-химических исследований для гигиенической оценки продукции и факторов среды обитания человека на соответствие требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в том числе требованиям безопасности и безвредности для организма человека.

Специалистами республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» Министерства здравоохранения Республики Беларусь и Управления санитарно-эпидемиологического надзора Главного медицинского управления при Администрации Президента Республики Узбекистан проведены совместные мероприятия по обмену опытом в рамках образовательной и испытательной деятельности.

Особое внимание уделено международным подходам в области обеспечения единства измерений лабораториями, проводящими испытания продукции и факторов среды обитания человека с целью подтверждения соответствия требованиям актов законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, рассмотрены подходы по организации процесса мониторинга достоверности результатов испытательной деятельности, обеспечения их прослеживаемости. В рамках требований стандарта ISO/IEC 17025 изучены примеры построения системы менеджмента в испытательных лабораториях, осуществляющих государственный санитарный надзор, подходы к выбору методов испытаний и отбору образцов, подготовки отчетов о результатах испытаний и заключений о соответствии.

Рассмотрены вопросы по организации и проведению мероприятий валидации методов анализа. Изучены принципы и подходы к валидации, согласованные с международными стандартами и позволяющие получать сопоставимые результаты испытаний между лабораториями. Проведены семинарские занятия и тренинги по установлению рабочих характеристик аналитических методов контроля объектов окружающей среды (прецизионность, точность, пределы обнаружения, количественного определения, неопределенность измерений и другие).

В результате проведенных мероприятий состоялся обмен опытом в осуществлении радиационного контроля, хроматографических и физико-химических методов анализа, разработке методик расчета неопределенности измерений, организации внутрилабораторного контроля качества измерений, межлабораторных сличительных испытаний. Специалистами обеих сторон рассмотрено более 14 методик, совместно подготовлено 3 валидационных отчета, рассчитаны неопределенности измерений для методов анализа, включающих построение градуировочных графиков для расчета измеренной концентрации аналита, успешно проведено 6 межлабораторных сличительных испытаний.

Взаимное ознакомление с лабораторной базой и технической оснащенностью позволяет сделать вывод о тождественности применяемых в санитарно-эпидемиологических службах Республики Беларусь и Республики Узбекистан методов и оборудования, что позволяет с доверием относиться к выдаваемым ими результатам.

Поступила 14.09.2022

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗЕИНА С АНТИОКСИДАНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

<sup>1</sup>Шутова Т.Г., к.х.н., [shutova@ichnm.by](mailto:shutova@ichnm.by),

<sup>2</sup>Шутова А.Г., к.б.н., доцент, [anna\\_shutova@mail.ru](mailto:anna_shutova@mail.ru)

<sup>1</sup>Государственное научное учреждение «Институт химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Благодаря высокой биосовместимости и биоразлагаемости основной проламиновый белок кукурузы зеин используется в системах с пролонгированным высвобождением для доставки ферментов, лекарств и эфирных масел. Гидрофобность входящих в структуру зеина аминокислот приводит к малой растворимости белка в воде; его легко преобразовать в сферические частицы. Несмотря на эффективность методов получения субмикронных частиц зеина, они обладают плохой коллоидной устойчивостью, образуя агрегаты и осадки в препаратах при pH выше 5 и в растворах солей. Стабильность суспензий зеина улучшают кратковременной термической обработкой в горячей воде или добавлением эмульгаторов (лецитина, Pluronic, казеина, хитозана, каррагинана, пектина).

Предложена методика получения наночастиц зеина, содержащих биологически активный ингредиент, позволяющая существенно уменьшить их диаметр и обеспечивающая электростатическую стабилизацию коллоидных растворов. Зеин получали из размола зерен кукурузы (100 г) двукратной экстракцией 70%-ным этанолом (150 мл) в течение 2 часов при температуре 23 °С. Нерастворимую в 50%-ном этаноле фракцию отделяли, а затем дважды растворяли в 95%-ном этаноле, отделяя нерастворимый осадок и испаряя растворитель при 60–80 °С. Методом инфракрасной спектроскопии доказано, что структура биополимера соответствует белку зеину. Наночастицы получали, добавляя водный раствор полиэлектролита, например полистиролсульфоната натрия (далее — ПСС), к раствору белка в 95 %-ном этаноле. Навеску кверцетина растворяли в растворе зеина перед приготовлением частиц. Наночастицы отмывали от избытка полиэлектролита центрифугированием.

Постепенное добавление водного раствора полиэлектролита к раствору зеина обеспечивает условия, в которых одновременно происходят формирование наночастиц из-за изменения свойств растворителя и их стабилизация адсорбированным слоем заряженного полимера. Наночастицы, полученные из растворов с массовым отношением кверцетина и зеина менее 0,075 мг/мг, имеют среднечисловой диаметр 60–75 нм и узкое распределение по размерам. При увеличении отношения кверцетин/зеин до 0,1 мг/мг диаметр наночастиц возрастает до 90–130 нм и появляется фракция субмикронных частиц с диаметром около 600 нм. Средний диаметр частиц в тех же условиях без добавок ПСС достигает 2,5 мкм, причем добавление ПСС в реакционную смесь после получения частиц не влияет на устойчивость растворов. Наночастицы с полиэлектролитной оболочкой сохраняют коллоидную устойчивость до 30 дней.

Высвобождение кверцетина из наночастиц в дистиллированной воде и растворах, имитирующих среду желудка и кишечника, не содержащих липидов, не превышает 4,5 % за 2 ч и существенно увеличивается в присутствии додецилсульфата натрия (до 10 % в воде и 0,2 % NaCl в HCl и до 16 % в фосфатном солевом буфере, pH 7,4, соответственно, за 30 минут).

Инкапсулированный в наночастицы зеина кверцетин сохраняет высокую антирадикальную активность. Для наночастиц, содержащих 2–9 % масс кверцетина, в реакцию с катион-радикалами АБТС за 30 минут вступает 40–60 % полифенола, а для наночастиц с 20 % масс — 10–25 %, что указывает на пролонгированный характер высвобождения полифенола.

Наночастицы зеина с высокой коллоидной устойчивостью могут быть использованы для капсулирования биологически активных, ароматических и вкусовых гидрофобных добавок для безалкогольных напитков и создания специализированных пищевых продуктов с антиоксидантными свойствами.

Поступила 12.09.2022

## Раздел 8

# ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. СТАТЬИ

### СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ НАДЗОР

Гузик Е. О., д. б. н., доцент, [guzikeo@mail.ru](mailto:guzikeo@mail.ru)

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь

В Республике Беларусь на протяжении тридцати лет реализуется стратегическая задача по сохранению здоровья нации, снижению уровня смертности, инвалидности, заболеваемости и увеличению средней продолжительности предстоящей жизни населения [1]. Существенный резерв увеличения продолжительности жизни — обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия и безопасной среды обитания населения.

В настоящее время деятельность специалистов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, реализуется в новых правовых, экономических и организационных условиях и должна быть ориентирована на достижение конечного общественно значимого результата при реализации государственной политики в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, предупреждения и снижения уровня заболеваемости неинфекционными и инфекционными болезнями, устранения влияния вредных и опасных факторов среды обитания на здоровье человека, обеспечения биологической и химической безопасности в стране, снижения рисков для здоровья, формирования здорового образа жизни населения.

Цель исследования — разработать подходы к оценке эффективности деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор.

В основе разработки критериев эффективности оценки деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, использованы права и обязанности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, их должностных лиц, которые определены Законом Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [2], а также основные направления мероприятий по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Для разработки критериев эффективности оценки деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор (и их сотрудников), необходимо четкое представление о том, что понимается под данным термином. Анализ литературы свидетельствует, что до настоящего времени не существует четкого и общепризнанного понятия «эффективности», методов определения эффективности. Для разработки критериев эффективности оценки необходимо понимание конечной цели деятельности, реализуемой органами и учреждениями государственного санитарного надзора, и единого представления, что вкладывается в понятие «критерии оценки эффективности».

Целесообразным является создание рабочей группы из ведущих специалистов центров гигиены и эпидемиологии (далее — ЦГЭ), научных и образовательных учреждений республики для разработки стратегии развития государственного санитарного надзора, определения его конечной цели и задач. Приоритетом при разработке данной стратегии должны быть прежде всего состояние здоровья населения и санитарно-эпидемиологическая обстановка в стране. Это позволит разработать индикаторные показатели оценки эффективности деятельности.

При разработке индикаторных показателей оценки эффективности деятельности к ним должны предъявляться следующие требования [3]:

- объективность;
- адекватность (соответствие показателя реальным задачам деятельности);
- измеряемость (возможность получения качественной или количественной оценки для проведения сравнительного анализа);

- ориентированность на конечные результаты деятельности;
- чувствительность к происходящим в системе переменам;
- устойчивость к малым изменениям исходных данных;
- синтетичность (отражение в совокупности всех существенно важных направлений деятельности системы).

В перечне показателей должны предусматриваться:

- показатели, которые характеризуют деятельность специалистов ЦГЭ;
- показатели, которые характеризуют конечный результат деятельности.

Показатели, которые характеризуют деятельность специалистов ЦГЭ, определяются его функциями и включают работу с кадрами, исполнительную власть, населением, выполнение контрольной (надзорной) деятельности, мероприятия по профилактике инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний, обусловленных влиянием факторов среды обитания человека, гигиеническое обучение и т.д.

Так, например, для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия важным является наличие высококвалифицированных специалистов в ЦГЭ. Под специалистами в центрах гигиены и эпидемиологии нами понимаются главный врач ЦГЭ, заместитель главного врача ЦГЭ, врачи-гигиенисты, врачи-эпидемиологи, врачи-лаборанты, энтомолог, паразитолог, помощник врача-гигиениста, помощник врача-эпидемиолога, помощник энтомолога, фельдшер-лаборант. К показателям деятельности ЦГЭ по данному направлению могут быть отнесены:

- удельный вес специалистов ЦГЭ, принявших участие в программах дополнительного профессионального образования, от количества специалистов, подлежащих такому обучению;
- удельный вес специалистов ЦГЭ, имеющих высшую квалификационную категорию, от общего количества специалистов ЦГЭ, которые могут иметь высшую квалификационную категорию;
- удельный вес специалистов ЦГЭ, имеющих первую квалификационную категорию, от общего количества специалистов ЦГЭ, которые могут иметь первую квалификационную категорию;
- удельный вес специалистов ЦГЭ, имеющих вторую квалификационную категорию, от общего количества специалистов ЦГЭ, которые могут иметь вторую квалификационную категорию;
- удельный вес специалистов ЦГЭ, имеющих квалификационную категорию, от общего количества специалистов ЦГЭ, которые могут иметь соответствующую квалификационную категорию.

Для оценки деятельности ЦГЭ по информированию органов государственной власти, органов местного самоуправления и населения о мероприятиях по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения могут быть использованы показатели:

- удельный вес информации в органы государственной власти, органы местного самоуправления, иные организации, представленные в соответствии с регламентом, за анализируемый период (квартал, полугодие, год) на одного специалиста ЦГЭ;
- удельный вес обращений, заявлений, запросов, рассмотренных в соответствии с установленными законодательством сроками, за анализируемый период (квартал, полугодие, год), на одного специалиста ЦГЭ;
- отсутствие жалоб на работу врачей-гигиенистов, врачей-эпидемиологов со стороны руководства, исполнительной власти, населения.

Показатель выполнения плана работы по надзору (контролю) за деятельностью юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по соблюдению ими требований законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения является одним из показателей, позволяющим оценить состояние исполнительской дисциплины в части своевременности проведения мероприятий по надзору. В качестве показателя могут быть использованы:

- количество надзорных мероприятий, проведенных специалистами ЦГЭ за анализируемый период (квартал, полугодие, год), на одного специалиста ЦГЭ;
- количество вынесенных мер административного взыскания за анализируемый период (квартал, полугодие, год) на одного специалиста ЦГЭ;
- удельный вес вынесенных мер административного взыскания по отношению к количеству проведенных мероприятий по надзору (контролю).

Лабораторные исследования при проведении контрольно-надзорных мероприятий позволяют объективно оценить ситуацию на объекте и принять правильное управленческое решение:

- удельный вес выполненных лабораторных и инструментальных исследований по обеспечению надзорных мероприятий за анализируемый период (квартал, полугодие, год) на одного специалиста ЦГЭ (и/или объект надзора);
- количество освоенных и внедренных новых методик санитарно-гигиенических испытаний на одного специалиста лаборатории;

— отсутствие жалоб на работу врачей-лаборантов санитарно-гигиенических лабораторий со стороны заказчиков и руководства.

В зависимости от установления подходов к оценке эффективности, а также направлений деятельности и уровня функционирования ЦГЭ (районный, городской, зональный, областной) могут быть разработаны все необходимые показатели, которые характеризуют деятельность специалистов ЦГЭ для каждого уровня.

Конечный результат деятельности — это эффект от предоставленных населению услуг и выполненных государственных функций по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Показатели конечных общественно значимых результатов характеризуют степень, в которой деятельность или процесс способствуют достижению заявленных целей. При анализе конечного результата деятельности оценивается тот эффект, который получает общество (отдельные граждане или социальные группы) от деятельности организации [3]. Конечные результаты — это, в сущности, совокупность реально достигнутых результатов и их влияние на ситуацию в обществе.

К показателям, характеризующим конечный результат деятельности, можно отнести показатели состояния здоровья населения и показатели, характеризующие санитарно-эпидемиологическую обстановку в стране, области, городе, районе.

Для анализа эффективности деятельности через характеристику состояния здоровья населения на конкретной территории эту деятельность целесообразно оценивать с использованием стандартизованных по возрасту показателей, таких как уровень общей и первичной заболеваемости населения массовыми неинфекционными и инфекционными заболеваниями по отдельным нозологическим формам, распределение детей на группы здоровья, оценка результатов профилактических медицинских осмотров, уровень охвата профилактическими прививками, уровень смертности населения и т.д. Данные показатели могут быть взяты из форм государственной статистической отчетности, а в перспективе — из системы «Электронного здравоохранения».

Для оценки санитарно-эпидемиологической обстановки на конкретной административной территории целесообразной является оценка факторов среды обитания. Это удельный вес нестандартных проб качества питьевой воды, атмосферного воздуха, пищевых продуктов, удельный вес рабочих мест учащихся и работающих на конкретной территории, которые не соответствуют гигиеническим регламентам, и других показателей, характеризующих факторы среды обитания. Такие данные могут быть получены по результатам государственного санитарного надзора и социально-гигиенического мониторинга за анализируемый период. Перспективным является не только включение в систему оценки уровня санитарно-эпидемиологического благополучия факторов среды обитания, но и расчет уровня риска вклада факторов в формирование здоровья населения на конкретной административной территории.

По каждому из разработанных критериев может проводиться ранжирование ЦГЭ, далее полученные ранги суммируются и устанавливается суммарный рейтинг каждого из учреждений.

Разработанные индикаторные показатели оценки деятельности позволят ранжировать ЦГЭ, определять эффективность деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор (и их сотрудников), охватить все направления работы, осуществляемой специалистами, упорядочить и обеспечить единообразие системы учета деятельности и планирования работы, обеспечить рациональное расходование бюджетных средств на реализацию мероприятий государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

## Литература

1. О Государственной программе «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 января 2021 г. № 28. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100028>. — Дата доступа: 01.08.2022.

2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 7 янв. 2012 г. № 340-З: в ред. от 5 января 2016 г. № 355-З: с изм. и доп. от 30 июня 2016 г. № 387-З, от 15 июля 2019 г. № 217-З. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=N11200340>. — Дата доступа: 01.08.2022.

3. Система оценки деятельности органов и учреждений Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека: метод. рек. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. — 30 с.

Поступила 01.08.2022

## ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ВРАЧЕЙ МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Гузик Е. О., д. б. н., доцент, [guzikeo@mail.ru](mailto:guzikeo@mail.ru),  
Янковская Н. Г., [yankovskaya.nata@tut.by](mailto:yankovskaya.nata@tut.by)

Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь

Вопрос эффективного кадрового обеспечения органов и учреждений государственного санитарного надзора является актуальной проблемой, решение которой возлагается как на систему здравоохранения, так и медицинского образования. Система последипломной подготовки врачей-специалистов прошла долгий путь становления и развития. Во многих странах в настоящее время все большее распространение получает дистанционное обучение в системе повышения квалификации специалистов [3]. Это, с одной стороны, обусловлено социальным заказом (ускоренной сменой технологий производств, требующей практически непрерывного переобучения персонала, внедрением сложных систем и технологий при ограниченном количестве преподавателей, невозможностью отрывать на длительный срок большое количество специалистов, необходимостью охвата обучением широкого круга обучающихся), с другой стороны — широким распространением информационно-коммуникационных технологий и технологий мобильности, позволяющих успешно такое обучение осуществлять. Особенно активно проблема дистанционного обучения стала возникать в последние несколько лет в Республике Беларусь в связи с дефицитом медицинских кадров. В 2022 г. в Кодекс об образовании Республики Беларусь внесены изменения, определяющие возможность дистанционного обучения, что также дает потенциал такой технологии в системе повышения квалификации [1].

Анализ современной научной литературы свидетельствует, что при внедрении дистанционного обучения возникают определенные проблемы, которые сегодня являются серьезным препятствием для тотальной замены очного образования на дистанционное обучение. К таким проблемам следует отнести невозможность отработки практических навыков без интегрированного обучения «лицом к лицу». Не отработаны административные, финансовые и кадровые вопросы дистанционного обучения — необходимо отрегулировать законодательную базу относительно легитимности дистанционного обучения. Так, например, необходимо выработать концепцию расчетов педагогической нагрузки и оплаты труда сотрудников, провести калькуляцию курсов повышения квалификации в условиях дистанционного обучения. К проблемам дистанционного обучения следует отнести отсутствие контакта с другими слушателями, что лишает обучающегося возможности обмена информацией и элемента «конкурентности» как стимулирующего фактора обучения. Существует также проблема недостаточного количества квалифицированных кадров, владеющих современными программными продуктами для действительно интерактивного дистанционного обучения, необходимости значительных квалифицированных трудовых затрат для разработки и производства программ, гарантирующих высокое качество обучения. Так, по данным научной литературы, создание одного часа действительно интерактивного мультимедийного взаимодействия занимает более 1000 часов профессионалов, а это значит, что для создания полной программы курса необходимы значительные временные и финансовые затраты [2]. Для обеспечения дистанционного обучения также важным является наличие на рабочих местах в центрах гигиены и эпидемиологии технических и временных возможностей для обеспечения такого обучения, а кроме того, готовность врачей к дистанционному обучению вне рабочего времени.

Цель исследования — изучить технические и временные возможности дистанционного обучения специалистов центров гигиены и эпидемиологии республики.

Для изучения отношения к дистанционному обучению специалистов центров гигиены и эпидемиологии нами была разработана анкета и анонимно проанкетировано 104 врача, обучающихся на курсах повышения квалификации «Общая гигиена» и «Санитарно-гигиенические лабораторные исследования» кафедры гигиены и медицинской экологии БелМАПО.

Одним из важнейших аспектов организации дистанционного обучения является обеспечение специалистов на рабочем месте персональным компьютером, к которому имеется доступ в рабочее время без ограничений. Результаты анкетирования свидетельствуют (таблица 1), что лишь 67,3% врачей на рабочем месте имеют персональный компьютер, 18,3% — пользуются компьютером, который рассчитан на несколько сотрудников, 13,5% — имеют личный персональный компьютер, но часто он используется и другими сотрудниками ввиду отсутствия у них компьютеров и/или на компьютере респондента установлен общий для отделения сканер/принтер/многофункциональное устройство.

Таблица 1 — Распределение врачей по наличию персонального компьютера на рабочем месте

Наименование ответов	Врачи курса «Общая гигиена»		Врачи курса «Санитарно-гигиенические лабораторные исследования»		Итого	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Да, у меня персональный компьютер, которым пользуюсь только я	40	85,1	30	52,6	70	67,3
У меня персональный компьютер, но часто он используется и другими сотрудниками ввиду отсутствия компьютеров у них и/или на моем компьютере установлен общий для отделения сканер/принтер/МФУ	6	12,8	8	14,0	14	13,5
Я пользуюсь компьютером, который рассчитан еще на несколько сотрудников	1	2,1	18	31,6	19	18,3
У меня нет персонального компьютера	0	0,0	1	1,8	1	1,0

Таблица 2 — Распределение врачей по наличию доступа на персональном компьютере к высокоскоростному интернету

Наименование ответов	Врачи курса «Общая гигиена»		Врачи курса «Санитарно-гигиенические лабораторные исследования»		Итого	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Да, доступ к высокоскоростному интернету имеется	31	66,0	23	40,4	54	51,9
Доступ к интернету есть, но он работает медленно или с перебоями	15	31,9	25	43,9	40	38,5
Нет, мой компьютер не подключен к сети интернет	1	2,1	9	15,8	10	9,6

У специалистов, обучающихся на курсе «Санитарно-гигиенические лабораторные исследования», обеспеченность персональными компьютерами существенно хуже по сравнению с врачами курса «Общая гигиена» (Pearson Chi-square test,  $\chi^2 = 17,1216$ ;  $df = 3$ ;  $p = 0,000668$ ). Так, персональный компьютер, которым пользуется специалист единолично, имеют лишь половина врачей-лаборантов, что на 32,5 % меньше по сравнению с врачами, работающими в отделах гигиены. Каждый третий врач-лаборант пользуется компьютером, который рассчитан еще на несколько сотрудников (среди врачей-гигиенистов таких единицы).

Для организации дистанционного обучения важным является не только наличие персонального компьютера на рабочем месте, но и его достаточные технические возможности, которые позволяют поддерживать все программы и приложения для дистанционного обучения и проведения онлайн-конференций (платформы Zoom, Webex и т.п.). Необходимо также наличие веб-камеры и микрофона. Результаты анкетирования свидетельствуют, что лишь у половины опрошенных (47,1 %) такие возможности имеются. При этом 52,9 % респондентов имеют устаревшую операционную систему, поэтому некоторые программы и приложения, в том числе для дистанционного обучения и онлайн-конференций, не работают или работают некорректно, медленно.

Персональный компьютер, имеющий достаточные технические возможности, позволяющие поддерживать все программы и приложения для дистанционного обучения и проведения онлайн-конференций, и которым пользуется специалист индивидуально, находится в распоряжении только 40,4 % респондентов. Среди врачей-гигиенистов таких 55,3 %, среди врачей-лаборантов — 28,1 %.

По результатам анкетирования доступ на персональном компьютере к высокоскоростному интернету, который необходим для корректной работы в процессе дистанционного обучения, имеется лишь у половины (51,9 %) респондентов (таблица 2). У каждого десятого (9,6 %) компьютер не подключен к интернету. Более неблагоприятная ситуация по наличию интернета на рабочих

местах у специалистов, обучающихся на курсе «Санитарно-гигиенические лабораторные исследования» (Pearson Chi-square test,  $\chi^2=9,20879$ ;  $df=2$ ;  $p=0,010010$ ), где лишь 40,4% респондентов на рабочих местах имеют доступ к высокоскоростному интернету, который необходим для корректной работы в процессе дистанционного обучения. У каждого шестого (15,8%) компьютер не подключен к сети интернет.

Среди врачей, обучающихся на кафедре гигиены и медицинской экологии, лишь каждый третий (35,6%) имеет персональный компьютер, обладающий достаточными техническими возможностями, подключенный к высокоскоростному интернету и которым пользуется индивидуально специалист. Среди врачей-гигиенистов таких 48,9%, среди врачей-лаборантов — 24,6%.

Для организации дистанционного обучения необходимо не только оборудованное рабочее место, но и наличие возможности в рабочее время проходить дистанционное обучение. В ходе анкетирования установлено, что у 12,5% респондентов имеется возможность заниматься дистанционно 2 часа и более в день, у 27,9% — не более 1 часа в день. Отсутствует возможность проходить дистанционное обучение в рабочее время из-за высокой загруженности по основной работе, а также выездного характера работы у 59,6% респондентов.

При изучении готовности врачей, обучающихся на кафедре гигиены и медицинской экологии, заниматься дистанционно в домашних условиях вне рабочего времени установлено, что 2,9% респондентов готовы, но у них отсутствуют технические возможности для этого (нет в наличии современного компьютера/смартфона, не оборудовано рабочее место в домашних условиях и т. п.), 79,4% не готовы, поскольку большая нагрузка на работе, обилие домашних/личных дел после работы, имеются другие причины. Готовы заниматься дистанционно в домашних условиях (для этого имеются технические возможности), но не более 1 часа в день, 18,6% врачей, 2 часа и более в день — лишь 1,0%.

При изучении отношения специалистов к дистанционному обучению установлено: 21,3% респондентов считают, что в современных условиях дистанционное обучение своевременно и эффективно. Ввиду отсутствия времени и возможности уделить этому достаточное внимание, находясь на рабочем месте, 44,2% обследованных считают, что дистанционное обучение недостаточно эффективно. Каждый третий (33,7%) считает, что дистанционное обучение эффективно лишь для краткосрочного обучения (1–3 дня) по узконаправленной профессиональной тематике.

Врачами, обучающимися на кафедре гигиены и медицинской экологии, были даны следующие комментарии относительно целесообразности дистанционного обучения:

- эффективно при условии не быть на работе;
- после 10-часового рабочего дня невозможно воспринимать информацию;
- ничто не заменит личного общения с коллегами и преподавателями;
- дистанционное обучение исключает возможности обсуждения возникших вопросов коллегиально;
- считаю, что в существующих на данное время условиях невозможно организовать полноценное и эффективное дистанционное обучение;
- не могу оценить, так как не практиковала в имеющихся у меня условиях.

Таким образом, на основании результатов анонимного анкетирования врачей, повышающих квалификацию на кафедре гигиены и медицинской экологии, можно сделать следующие выводы:

- лишь каждый третий респондент имеет персональный компьютер, обладающий достаточными техническими возможностями, подключенный к высокоскоростному интернету и которым пользуется специалист индивидуально;
- установлены различия в наличии технических возможностей для дистанционного обучения между специалистами различных отделений;
- отсутствует возможность проходить дистанционное обучение в рабочее время у 59,6% респондентов; 27,9% — имеют возможность обучения не более 1 часа в день;
- вне рабочего времени 79,4% респондентов не готовы заниматься дистанционно в домашних условиях; готовы заниматься, но не более 1 часа в день — 18,6%;
- каждый пятый специалист считает, что дистанционное обучение своевременно и эффективно; каждый третий допускает дистанционное обучение лишь для краткосрочного обучения по узконаправленной профессиональной тематике; дистанционное обучение недостаточно эффективным считают 44,2% врачей.

Таким образом, несмотря на то что дистанционное обучение позволяет минимизировать финансовые и временные затраты при повышении квалификации специалистов органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, является мобильным и технологичным за счет использования современных программных и технических средств, обладает высокой информативностью благодаря доступу к современным информационным системам, для обучения врачей-

специалистов необходимо продумать технические и временные возможности на рабочих местах с целью создания полноценной системы повышения квалификации врачей-специалистов. Полученные результаты целесообразно учитывать для принятия решений об организации дистанционного обучения врачей центров гигиены и эпидемиологии республики.

### Литература

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании от 13 янв. 2011 г. № 243-З [Электронный ресурс]: с изм. и доп. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1100243>. — Дата доступа: 01.08.2022.

2. Реалии и перспективы дистанционной формы обучения в последипломной подготовке специалистов фармации и медицины в Украине / А. Ф. Пиминов [и др.] // Электронный научно-образовательный вестник Здоровье и образование в XXI веке. — 2014. — Т. 16, № 12. — С. 43–48.

3. Рыбакова, Н. Н. Организация дистанционного обучения специалистов в последипломном образовании / Н. Н. Рыбакова, А. Ю. Цуканов // Омский науч. вест. — 2014. — № 2 (126). — С. 156–159.

Поступила 01.08.2022

## РОЛЬ СОВЕТА РУКОВОДИТЕЛЕЙ УПОЛНОМОЧЕННЫХ ОРГАНОВ В ОБЛАСТИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА В ПРИНЯТИИ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

*Жукова Н. П., n.zhukova@eecommission.org,  
Карымбаева С. Т., karymbaeva@eecommission.org,  
Бокитко Б. Г., bokitko@eecommission.org,  
Клецова Е. А., kletsova@eecommission.org*

Евразийская экономическая комиссия, г. Москва, Россия

В мае 2016 г. главы государств — членов Евразийского экономического союза (далее — Союз) приняли решение о создании постоянно действующего вспомогательного органа Союза — Совета руководителей уполномоченных органов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения государств — членов Евразийского экономического союза (далее — Совет руководителей) (Решение Высшего Евразийского экономического совета от 31 мая 2016 г. № 9), определив одной из основных его задач координацию взаимодействия государственных органов по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия и биологической безопасности населения.

В его состав вошли руководители уполномоченных органов в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения (главные государственные санитарные врачи) государств — членов Союза и представители Евразийской экономической комиссии (далее — Комиссия).

Несмотря на различие в структурах санитарно-эпидемиологических служб, Совет руководителей стал для стран Союза площадкой для обсуждения опыта государств-членов и международного опыта в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и биологической безопасности населения, а также формирования эффективных механизмов реализации согласованной или скоординированной политики по вопросам применения санитарных мер.

Принятые Советом руководителей решения неоднократно становились основой единой позиции государств — членов Союза по вопросам обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и биологической безопасности населения для обсуждения в международных организациях и с компетентными органами третьих стран.

В сложившейся во время пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 эпидемиологической ситуации Совет руководителей проявил себя реальным функционирующим органом в борьбе с распространением и минимизацией последствий распространения COVID-19 на территории Союза, который может реагировать не только на внутренние, но и на внешние вызовы.

10 апреля 2020 г. на заседании Евразийского межправительственного совета был принят пакет мер по обеспечению жизненно важных потребностей населения государств — членов Союза, под-

держанию взаимной торговли, свободы передвижения товаров в условиях пандемии COVID-19 и созданию условий для последующего экономического роста (Распоряжение Евразийского межправительственного совета от 10 апреля 2020 г. № 6).

Одной из наиболее важных и срочных временных антикризисных и стабилизационных мер явилось усиление взаимодействия уполномоченных органов государств-членов при проведении санитарно-противоэпидемических мероприятий по предупреждению и минимизации последствий распространения коронавирусной инфекции COVID-19.

На первом этапе развития пандемии Советом руководителей усилено взаимное информирование о развитии эпидемиологической ситуации, скоординированы мероприятия профилактической и противоэпидемической направленности, разработаны и пересмотрены алгоритмы оказания медицинской помощи и лабораторной диагностики в случае выявления инфекции, включая мероприятия по переподготовке и обучению медицинского персонала, разработаны тест-системы для определения COVID-19 и вакцины.

В целях скорейшего восстановления бесперебойного трансграничного снабжения стран Союза товарами первой необходимости, в том числе средствами дезинфекции, лекарственными препаратами, изделиями медицинского и немедицинского назначения, используемыми для борьбы с COVID-19, на основе соответствующих санитарно-эпидемиологических требований Российской Федерации и Республики Беларусь, а также рекомендаций и руководств Всемирной организации здравоохранения разработаны санитарно-эпидемиологические рекомендации по организации работы объектов заправочных станций, пунктов отдыха водителей международного транспорта «зеленых» коридоров/транспортных маршрутов (утверждены Рекомендацией Коллегии Комиссии от 7 июля 2020 г. № 11).

С целью осуществления дальнейших мероприятий, необходимых для предотвращения распространения коронавирусной инфекции COVID-19 и других инфекционных заболеваний, Советом руководителей совместно с Комиссией был подготовлен Комплексный план мероприятий в области здравоохранения и санитарно-эпидемиологического благополучия населения по предотвращению распространения коронавирусной инфекции COVID-19 и иных инфекционных заболеваний на территориях государств — членов Союза (утвержден Распоряжением Евразийского межправительственного совета от 17 июля 2020 г. № 16).

В Комплексном плане большое внимание уделено повышению квалификации сотрудников медицинских организаций и организаций санитарно-эпидемиологического профиля по вопросам эпидемиологии, клиники, диагностики, профилактики опасных инфекционных и паразитарных заболеваний, разработки и вакцин и диагностических тест-систем в отношении инфекционных заболеваний, актуальных для территорий государств-членов.

Также в рамках его реализации инициировано проведение совместных исследований по оценке поствакцинального и постинфекционного популяционного иммунитета к вирусу SARS-CoV-2 и изучению вариаций штаммов коронавируса, циркулирующих на территории стран Союза, которые позволили более подробно изучить вопросы эпидемиологии новой коронавирусной инфекции COVID-19, определить необходимость корректировки проводимых в государствах-членах организационных, профилактических и противоэпидемических мероприятий и в случае необходимости своевременно принять меры оперативного реагирования.

Приняты Санитарно-эпидемиологические рекомендации, регламентирующие согласованный алгоритм реагирования на вспышки инфекционных заболеваний (Рекомендация Коллегии Комиссии от 5 апреля 2022 г. № 12), направленные на сохранение в период эпидемий, пандемий санитарно-эпидемиологического благополучия населения, укрепление систем государственного санитарно-эпидемиологического надзора (контроля) и здравоохранения государств — членов Союза, наращивание их возможностей в области профилактики и лечения инфекционных заболеваний.

С целью сближения подходов уполномоченных органов государств — членов Союза при проведении лабораторной диагностики COVID-19 приняты Методические рекомендации по лабораторной диагностике коронавирусной инфекции COVID-19 (Рекомендация Коллегии Комиссии от 5 апреля 2022 г. № 13).

Профессиональная и слаженная работа санитарно-противоэпидемических служб государств-членов, координируемая Советом руководителей при поддержке Комиссии, позволила максимально эффективно противодействовать распространению COVID-19 на территории государств — членов Союза и дала возможность последовательно двигаться в направлении снятия введенных ограничений и скорейшего возобновления свободного перемещения граждан государств-членов по территории Союза.

Совместными усилиями государственных органов стран Союза в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения и в сфере транспорта подготовлены методические рекомендации по профилактическим мерам при возобновлении железнодорожного сообщения (Рекомендация Коллегии Комиссии от 19 января 2021 г. № 3) и при авиапассажирских перевозках в гражданской авиации (Рекомендация Коллегии Комиссии от 29 июня 2021 г. № 16), позволившие выработать совместный подход к осуществлению пассажирского транспортного сообщения при условии соблюдения санитарно-эпидемиологических требований, в том числе определившие возможность предоставления сведений об обследовании на COVID-19 с отрицательным результатом лабораторного исследования клинического материала методом ПЦР посредством соответствующего мобильного приложения.

В сентябре 2022 г. Коллегия Комиссии приняла рекомендацию для беспрепятственного передвижения граждан по территории Союза, которая включает все возможные механизмы взаимного признания документов о проведенной вакцинации против COVID-19, используемые в настоящее время в странах Союза.

Для взаимного признания предусмотрено использование утвержденных в государствах документов, удостоверяющих получение вакцины против COVID-19, на бумажном носителе или в электронном виде с использованием национальных информационных систем, в том числе мобильных приложений.

Принятие документа особенно актуально с учетом нестабильной ситуации по заболеваемости COVID-19, что может потребовать возобновления ранее отмененных ограничений на пересечение границ.

Таким образом, проводимая Советом руководителей работа позволила утвердить алгоритм взаимодействия уполномоченных органов государств-членов, способствовала эффективной реализации совместных мероприятий в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия и принятию необходимых управленческих решений по предупреждению и минимизации последствий распространения коронавирусной инфекции COVID-19.

Практический опыт и системный подход к оперативному реагированию на возникшую биологическую угрозу в период развития пандемии могут в дальнейшем применяться для решения актуальных задач, связанных с общими вызовами здоровью населения государств — членов Союза.

Поступила 09.09.2022

## **РАЗВИТИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ДОГОВОРНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА В СФЕРЕ САНИТАРНЫХ МЕР В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

*Жукова Н.П., n.zhukova@eecommission.org,  
Карымбаева С.Т., karymbaeva@eecommission.org,  
Бокитко Б.Г., bokitko@eecommission.org,  
Корнаков Д.В., kornakov@eecommission.org*

Евразийская экономическая комиссия, г. Москва, Россия

По состоянию на 1 января 2022 г. численность населения стран Евразийского экономического союза (далее — Союз) составляет более 184 млн человек, численность экономически активного населения — 94 млн. Объем валового внутреннего продукта стран — членов Евразийского экономического союза составляет 1738 млрд долларов США, объем внешней торговли товарами с третьими странами — 731 млрд долларов США.

Идея евразийской интеграции была высказана еще в 1994 г. первым Президентом Казахстана Нурсултаном Назарбаевым во время его знаменитого выступления в Московском государственном университете.

Официальной датой начала формирования Таможенного союза можно считать 1995 г., когда между Российской Федерацией, Республикой Казахстан и Республикой Беларусь было заключено

Соглашение о его создании. Целью данного Соглашения было налаживание экономического взаимодействия между сторонами, обеспечение свободного товарообмена и добросовестной конкуренции.

Интеграционные процессы в 2001 г. реализовались в виде Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС).

В июле 2010 г. вступили в силу договоренности о создании Таможенного союза в рамках ЕврАзЭС, а уже в декабре того же года на саммите ЕврАзЭС было достигнуто соглашение о создании Союза на базе Единого экономического пространства Беларуси, Казахстана и России.

18 ноября 2011 г. в Москве Президенты Беларуси, Казахстана и России подписали документы следующего этапа интеграции:

- Декларацию о Евразийской экономической интеграции;
- Договор о Евразийской экономической комиссии;
- Регламент работы Евразийской экономической комиссии.

В Декларации о Евразийской экономической интеграции заявляется о переходе к следующему этапу интеграционного строительства — Единому экономическому пространству, основанному на нормах и принципах Всемирной торговой организации и открытому на любом этапе своего формирования для присоединения других государств.

С 1 января 2012 г. на территории трех стран — участниц Таможенного союза начало действовать Единое экономическое пространство, сформированное для создания условий стабильного и эффективного развития экономик государств-участников и повышения уровня жизни населения. В полной мере интеграционные соглашения Единого экономического пространства, принятые 18 ноября 2011 г., начали работать с июля 2012 г.

В этот период Сторонами был разработан проект нового основополагающего документа — Договора о Евразийском экономическом союзе (далее — Договор о Союзе).

Новый, более высокий этап интеграции, предусматривающий свободное движение товаров, услуг, капитала и рабочей силы, единые правила и принципы конкуренции, регулирования естественных монополий, стартовал, когда вступил в силу Договор о Союзе, подписанный Президентами Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации 29 мая 2014 г. в Астане.

Членами Союза кроме этих трех государств также стали Республика Армения, подписавшая 10 октября 2014 г. Договор о присоединении к Союзу, и Кыргызская Республика, подписавшая аналогичный Договор 23 декабря 2014 г.

С 1 января 2015 г. Союз функционирует в формате — Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика и Российская Федерация.

В соответствии с Договором о Союзе органами Союза являются:

- Высший Евразийский экономический совет;
- Евразийский межправительственный совет;

Евразийская экономическая комиссия (блок по интеграции и макроэкономике, блок по экономике и финансовой политике, блок по промышленности и агропромышленному комплексу, блок по энергетике и инфраструктуре, блок по таможенному сотрудничеству, блок по торговле, блок по техническому регулированию и санитарным, ветеринарно-санитарным и карантинным фитосанитарным мерам (СФС меры), блок по конкуренции и антимонопольному регулированию, блок по внутренним рынкам, информатизации) (далее — Комиссия);

Суд Евразийского экономического союза.

Комиссия — постоянно действующий наднациональный регулирующий орган Союза со штаб-квартирой в городе Москве.

С момента подписания Договор о Союзе является основополагающим документом по ключевым направлениям экономической деятельности, в том числе в сфере применения санитарных мер, и определяет порядок применения СФС мер.

Положениями Договора о Союзе установлены общие принципы применения СФС мер, а также некоторые особенности их применения:

- санитарные меры применяются на основе принципов, имеющих научное обоснование;
- санитарные меры основываются на международных и региональных стандартах, руководствах и (или) рекомендациях;
- в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения проводится согласованная политика в сфере применения санитарных мер;
- каждое из государств — членов Союза имеет право разрабатывать и вводить временные санитарные меры.

На основании установленных принципов Договора о Союзе в сфере санитарных мер сформирована правовая база, регулирующая отношения в области обеспечения санитарно-эпидемиологи-

ческого благополучия населения как одного из основных условий реализации прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду.

Решением Комиссии Таможенного союза № 299 «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе» утверждены основополагающие документы в сфере санитарных мер:

Единый перечень продукции (товаров), подлежащей государственному санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории Евразийского экономического союза, включает продукцию, в отношении которой осуществляется санитарно-эпидемиологический надзор, в том числе продукцию, обращение которой на территории Евразийского экономического союза должно сопровождаться наличием свидетельства о государственной регистрации, подтверждающего ее соответствие Единым санитарным требованиям;

Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю);

Порядок проведения государственного санитарно-эпидемиологического надзора (контроля) на таможенной границе Евразийского экономического союза и на таможенной территории Евразийского экономического союза.

Решением Коллегии Комиссии от 30 июня 2017 г. № 80 утверждена единая форма свидетельства о государственной регистрации продукции, правила ее оформления, а также порядок ведения Единого реестра свидетельств о государственной регистрации продукции.

Принятые акты Комиссии, которые позволяют контрольно-надзорным органам государств — членов Союза ежедневно обеспечивать эффективный контроль в сфере санитарных мер, надлежащий уровень безопасности территории Союза.

Главным направлением работы в области санитарных мер является формирование надлежащих условий для обеспечения безопасности продукции на рынке государств — членов Союза, повышения конкурентоспособности бизнеса, уровня здоровья и жизни населения и предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей. В рамках этой работы Комиссия совместно с органами государств — членов Союза в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения осуществляет свою деятельность по следующим направлениям:

- устранение барьеров при внешней и взаимной торговле, работа в данном направлении проводится в соответствии с «Методологией разделения препятствий на внутреннем рынке Евразийского экономического союза на барьеры, изъятия и ограничения, и признания барьеров устраненными»;

- осуществление надзора в сфере санитарных мер (государственные органы Сторон осуществляют надзор за санитарными требованиями, в том числе установленными в технических регламентах, и нормативно-правовыми актами в сфере санитарных мер) в соответствии с Порядком проведения государственного санитарно-эпидемиологического надзора и национальным законодательством;

- реализация информационных процессов в сфере санитарных мер, в рамках которых информация, в том числе об опасной продукции, не соответствующей Единым санитарным требованиям или техническим регламентам Союза, будет направляться в интегрированную информационную систему Евразийского экономического союза. Это позволит обеспечить оперативный обмен информацией о выявлении опасной продукции между уполномоченными органами государств — членов Союза;

- внесение изменений в Договор о Союзе и нормативно-правовые акты Союза с целью совершенствования договорно-правовой базы и дальнейшей интеграции;

- установление новых и актуализация существующих нормативов с целью их дальнейшего внесения в технические регламенты, в результате чего создаются необходимые условия для соблюдения санитарных требований и процедур субъектами хозяйствования, как во взаимной торговле, так и при осуществлении внешнеторговой деятельности.

В целях дальнейшего развития интеграции и снятия барьеров при движении товаров в сфере СФС мер осуществляется совместная работа Комиссии и государственных органов государств — членов Союза по совершенствованию права Союза.

11 декабря 2020 г. главы государств — членов Союза утвердили (Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11 декабря 2020 г. № 12) Стратегические направления развития евразийской экономической интеграции до 2025 г. (далее — Стратегия), с целью выполнения которых, предусмотрены:

- «Разработка акта, составляющего право Евразийского экономического союза, устанавливающего общие принципы и подходы по определению ответственности за нарушение актов в сфере применения санитарных, ветеринарно-санитарных и карантинных фитосанитарных мер»;

«Подготовка предложений по совершенствованию права Евразийского экономического союза в части применения санитарных и ветеринарно-санитарных мер на основе анализа рисков с учетом международных стандартов и рекомендаций»;

«Актуализация санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований безопасности продукции на основе научных исследований, в том числе анализа риска вредного воздействия на организм человека факторов среды обитания».

Работы по актуализации единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований осуществляются Комиссией на постоянной основе в целях гармонизации с международными требованиями, в связи с новыми научными данными или изменением санитарно-эпидемиологической ситуации в государствах — членах Союза. Внесены изменения в раздел 1 главы II Единых санитарных требований в части дополнения указанного раздела гигиеническим нормативом максимально допустимого уровня содержания в пищевой продукции веществ: 3-монохлорпропандиол, глицидол и их эфиры.

Эфиры 3-монохлорпропандиола и глицидиловые эфиры жирных кислот являются пищевыми примесями и обнаружены в составе рафинированных растительных масел, в том числе в большом количестве в пальмовом масле, которое в настоящее время широко применяется в качестве заменителя животных жиров в кондитерской и молочной продукции.

Глицидиловые эфиры жирных кислот гидролизуются в желудочно-кишечном тракте до глицидола, который является генотоксичным и канцерогенным соединением. Отсутствие нормирования указанных веществ в пищевой продукции (особенно для питания детей раннего возраста) представляло опасность для здоровья человека.

Решением Коллегии Комиссии от 13 февраля 2018 г. № 28 утвержден перечень ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ), максимально допустимые уровни остатков которых могут содержаться в переработанной пищевой продукции животного происхождения, в том числе в сырье, и методики их определения. Принятие данного решения позволяет применять перечень при осуществлении ветеринарно-санитарной экспертизы и (или) входном контроле сырья на производстве, а также при осуществлении государственного контроля (надзора), что способствует устранению разногласий между уполномоченными органами государств — членов Союза по методам контроля остаточных количеств ветеринарных препаратов и снятию необоснованных барьеров во взаимной торговле.

Комиссия организывает проведение научно-исследовательских работ (далее — НИР) с участием научно-исследовательских учреждений государств — членов Союза, результатом которых являются методические документы, имеющие большой практический потенциал для использования санитарно-эпидемиологическими службами государств — членов Союза.

При выполнении НИР «Риск-ориентированная модель надзора в области обеспечения безопасности продукции для здоровья человека» были решены следующие задачи построения риск-ориентированной модели надзора:

- обеспечение условий пропорциональности интенсивности контрольно-надзорной деятельности риску причинения вреда здоровью;
- концентрация усилий надзорных органов на объектах, представляющих наибольшую опасность для здоровья человека (потребителя);
- сокращение числа проверок продукции низкого риска;
- рациональное и наиболее эффективное использование средств, выделенных на осуществление надзора;
- повышение эффективности контрольно-надзорной деятельности в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия.

В результате НИР были разработаны методические указания по организации дифференцированного надзора за безопасностью продукции (товаров) на базе классификации товаров по риску причинения вреда здоровью, где риск-ориентированная модель надзора представляет собой метод организации и осуществления государственного надзора (контроля), при котором выбор интенсивности (формы, продолжительности, периодичности) проведения мероприятий по контролю, мероприятий по профилактике нарушения обязательных требований определяется отнесением деятельности юридического лица, индивидуального предпринимателя и (или) используемых ими при осуществлении такой деятельности производственных объектов к определенной категории риска либо определенному классу (категории) опасности.

Также по результатам НИР Коллегия Комиссии приняла рекомендацию, содержащую методические указания по установлению и обоснованию гигиенических нормативов содержания химических примесей, биологических агентов в пищевой продукции по критериям риска для здоровья

человека. Документ обеспечивает практическое внедрение методологии оценки рисков здоровью населения и включает алгоритм проведения необходимых для нормирования токсикологических и микробиологических исследований.

Государства — члены Союза получили инструмент, позволяющий устанавливать требования безопасности пищевой продукции с учетом принципов, заложенных в соглашениях Всемирной торговой организации (далее — ВТО) и стандартах Комиссии Codex Alimentarius, разрабатывать новые и пересматривать существующие нормативы показателей безопасности пищевой продукции, обоснованные по критериям риска для здоровья человека.

В настоящее время Комиссией ведется работа по установлению в Единых санитарных требованиях нормативов содержания ветеринарных лекарственных средств (антигельминтных препаратов) в пищевой продукции животного происхождения.

Проблема загрязнения пищевой продукции остаточными количествами ветеринарных лекарственных средств и проблема возрастающей устойчивости микроорганизмов, в том числе к антигельминтным препаратам, остаются актуальными во всем мире и связаны с бесконтрольным применением лечебных, лечебно-профилактических ветеринарных лекарственных средств для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы, что может привести к тому, что некоторые распространенные заболевания станут неизлечимыми.

В рамках Союза организована работа по созданию интегрированной информационной системы Евразийского экономического союза.

В части информационного обеспечения применения санитарных мер в рамках Союза утверждены общие процессы (Решение Коллегии Комиссии от 14 апреля 2015 г. № 29), которые направлены на предоставление актуальной и достоверной информации всем заинтересованным лицам и уполномоченным органам о выданных свидетельствах о государственной регистрации, предотвращение ввоза и оборота не соответствующей Единым санитарным требованиям или требованиям технических регламентов подконтрольной продукции, снижение риска распространения инфекционных и массовых неинфекционных болезней (отравлений), повышение эффективности применения временных санитарных мер на территории государств — членов Союза:

«Формирование, ведение и использование единого реестра свидетельств о государственной регистрации на товары, подлежащие санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) на таможенной границе и таможенной территории Евразийского экономического союза»;

«Формирование, ведение и использование базы данных о случаях обнаружения инфекционных и массовых неинфекционных болезней (отравлений) и (или) распространения на таможенной территории Евразийского экономического союза продукции, опасной для жизни, здоровья человека и среды его обитания, а также о принятых санитарных мерах»;

«Обеспечение обмена информацией о введении временных санитарных мер».

Международное сотрудничество остается одним из важнейших приоритетов в сфере СФС мер и осуществляется по следующим направлениям:

— взаимодействие с Всемирной организацией здравоохранения (далее — ВОЗ) в области санитарно-эпидемиологического надзора, которое осуществляется с учетом Международных медико-санитарных правил (2005) и защиты здоровья человека от вредного воздействия потребительских товаров, включая вопросы профилактики инфекционных и неинфекционных заболеваний, безопасности пищевой продукции, здорового питания и предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей;

— взаимодействие с Комиссией «Кодекс Алиментариус» (ФАО/ВОЗ) в целях участия в мероприятиях по разработке международных стандартов, методических указаний, норм и правил, способствующих обеспечению безопасности и качества пищевой продукции, а также устранению препятствий для добросовестной торговли продовольственными товарами. Евразийская экономическая комиссия имеет статус наблюдателя в Комиссии «Кодекс Алиментариус»;

— сотрудничество и реализация совместных мероприятий между Комиссией и Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО);

— сотрудничество со Всемирной торговой организацией посредством участия в деятельности рабочих органов ВТО, рабочих групп и регулярных комитетов ВТО, в частности в заседаниях Комитета по санитарным и фитосанитарным мерам ВТО. Департамент СФС мер в обязательном порядке рассматривает и при необходимости учитывает предложения, поступающие от стран — членов ВТО по нотификациям государств — членов Союза в рамках публичного обсуждения проектов нормативных правовых актов Евразийского экономического союза, а также участвует в подготовке проектов нотификаций по разрабатываемым актам для государств — членов Союза.

Несмотря на то что Союз носит в своем названии слово «экономический» и создавался прежде всего в целях укрепления экономик его государств-членов и обеспечения их гармоничного развития и сближения, право Союза дало государствам-членам действенные рычаги в рамках общественного здравоохранения, позволяющие обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие населения путем снижения риска ввоза и обращения опасной продукции, распространения инфекционных и массовых неинфекционных болезней (отравлений).

Создание Союза позволило санитарно-эпидемиологическим службам государств-членов объединить кадровый, научно-исследовательский потенциал, быть на страже общественного здоровья и решать одну из важнейших государственных задач — обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения на территории Союза.

Многое сделано, многое еще предстоит сделать. Но то, что остается неизменным, — это принцип, который лежит в основе работы системы санитарных органов Союза: приоритет здоровья и жизни каждого человека и общества в целом.

Поступила 09.09.2022

## **ИТОГИ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА» ГНТП «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И ДОСТУПНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ» В 2021–2022 ГГ.**

*Ивко Н.А., к.б.н., ontp@rspch.by,  
Буневич Н.В., к.х.н., ontp@rspch.by*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

При осуществлении научной деятельности в организации важным является не только высокий уровень выполнения научно-исследовательских работ (далее — НИР) и подготовки научно-технической продукции (далее — НТП), но и результативность ее внедрения. Использование на практике НТП — один из значимых показателей оценки научной деятельности научной организации (инструкция об оценке результатов научной деятельности, утвержденная приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 23.12.2011 № 1236).

В результате успешного выполнения научно-исследовательских работ по 24 заданиям Подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» ГНТП «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг», 2021–2025 гг. (утверждена приказом Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 24.06.2021 № 162), в 2021 г. разработаны и научно обоснованы более 40 новшеств, которые вошли в инструктивно-методические документы — Инструкции по применению и Методики измерений. Завершение НИР по 24 заданиям Подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» в первый год ее выполнения обусловлено тем, что указанные задания перешли в ее состав из ОНТП «Гигиеническая безопасность» (2019–2023 гг.), в рамках которой они выполнялись 2,5 года.

В 1-м полугодии 2022 г. (первый этап освоения) освоены инновации, разработанные при выполнении 14 заданий. Освоение НТП будет продолжено в более широких масштабах во 2-м полугодии 2022 г. и в 2023 г.

Указанные разработки были предоставлены в организации-потребители согласно сводному плану внедрения — в областные центры гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (далее — ЦГЭиОЗ), ГУ «Республиканский ЦГЭиОЗ», ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» (далее — ЦГЭ) и учреждения образования, в основном после завершения НИР. Использование НТП подтверждено актом о внедрении установленной формы, утвержденной Главным санитарным врачом Республики Беларусь (2012).

Внедрение в практическую деятельность органов санитарно-эпидемиологической службы нормативно-методических документов, согласно актам о внедрении, повышает объективность, достоверность и точность результатов измерений, повышает эффективность государственного санитарного надзора.

Так, например, за период внедрения с 22.04.2022 по 06.05.2022 с помощью методов выявления бактерий вида *Staphylococcus aureus* в воздушной среде помещений организаций здравоохранения

(Инструкция по применению № 002–0521) специалистами микробиологической лаборатории ГУ «Брестский областной ЦГЭиОЗ» исследовано 14 проб и подтверждена эффективность использования горизонтальных методов обнаружения и подсчета коагулазоположительных стафилококков в воздухе, а также получение более объективных и достоверных данных при обследовании состояния объектов. За период с 30.05.2022 по 13.06.2022 с помощью метода количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха (Инструкция по применению № 030–1221) специалистами отделения коммунальной гигиены ГУ «Республиканский ЦГЭиОЗ» проведена оценка результатов лабораторных исследований при осуществлении государственного санитарного надзора за атмосферным воздухом населенных пунктов и мест массового отдыха населения, отмечено сокращение времени проведения оценки расчетов, получение оперативной и точной информации о степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих химических веществ. Согласно акту о внедрении, методика выполнения измерений массовой концентрации сероуглерода в воде (МВИ 6319–2020) внедрена в практику работы лаборатории санитарно-химических и токсикологических методов исследований лабораторного отдела ГУ «Минский областной ЦГЭиОЗ». Нашла применение МВИ 6319–2020 и в работе ГУ «Брестский областной ЦГЭиОЗ». По данным выполненного исследования (акт о внедрении от ГУ «Минский городской ЦГЭ») на основе расчета среднесменной величины дана гигиеническая оценка одночисловым показателем интенсивности инфракрасного излучения на рабочем месте раскатчика ОАО «Минский подшипниковый завод» с установлением класса условий труда и уточнением категории тяжести работ по энергозатратам; отмечено, что метод комплексной гигиенической оценки показателей производственного нагревающего микроклимата при интермиттирующем воздействии (Инструкция по применению № 011–1121) является доступным для оценки и установления класса условий труда при интермиттирующем воздействии показателей нагревающего микроклимата. За период внедрения с 23.03.2022 по 01.04.2022 с помощью методики выполнения измерений массовой доли консервантов в пищевой продукции (МВИ 6323–2020) сотрудниками санитарно-гигиенической лаборатории ГУ «Республиканский ЦГЭиОЗ» проведено 16 исследований, подтверждено получение более объективных и достоверных данных. За период с 15.03.2022 по 18.05.2022 сотрудниками отделения планировки и застройки населенных мест ГУ «Брестский областной ЦГЭиОЗ» и за период с февраля 2022 г. по 25.04.2022 сотрудниками отделения по осуществлению государственного надзора за планировкой и застройкой населенных мест УЗ «Могилевский областной ЦГЭиОЗ» с помощью метода санитарно-гигиенической оценки планировочных решений по установлению (изменению) размеров санитарно-защитных зон объектов воздействия на здоровье человека и окружающую среду (Инструкция по применению № 002–1220) и метода оценки риска здоровью населения, обусловленного воздействием мелкодисперсных твердых частиц в атмосферном воздухе населенных пунктов (Инструкция по применению № 001–1120), проведена санитарно-гигиеническая оценка пяти и одного проектных решений по установлению (изменению) размеров санитарно-защитных зон эксплуатируемых, проектируемых, вновь возводимых зданий, сооружений и иных объектов (групп объектов), оказывающих воздействие на здоровье человека и окружающую среду соответственно, также подтверждено получение более объективных и достоверных данных, повышение эффективности осуществления государственного санитарного надзора.

В актах о внедрении, полученных из ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», отмечено, что использование научно-технических разработок в образовательном процессе (курс повышения квалификации «Практика ведения государственного санитарного надзора и гигиенического мониторинга среды обитания») позволяет повысить уровень практических знаний специалистов, осуществляющих государственный санитарный надзор по разделам «Коммунальная гигиена», «Гигиена детей и подростков» (Инструкция по применению № 001–1120, Инструкция по применению № 002–1220, Инструкция по применению № 016–1121 (метод гигиенической оценки организации образовательного процесса в учреждениях общего среднего образования); МВИ 6330–2020 (методика выполнения измерения массовой доли амитраза и его метаболитов в пищевой продукции животного происхождения)). В актах о внедрении, полученных из УО «Белорусский государственный медицинский университет», отмечено, что использование НТП в педагогической деятельности на кафедрах гигиены труда и гигиены детей и подростков позволило повысить уровень теоретической подготовки студентов медико-профилактического факультета, а также педиатрического факультета (Инструкция по применению № 029–1221 (метод гигиенической оценки соответствия ученической мебели уровню физического развития младших школьников в современных условиях), Инструкция по применению № 011–1121).

Все инновации, вошедшие в НТП, доведены до специалистов санитарно-эпидемиологической службы на республиканском семинаре «Новые методы в практике государственного санитарного

надзора» (22.06.2022), размещены на официальном сайте республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» [gprch.by](http://gprch.by), представлены в научной полнотекстовой базе данных «Современные методы оказания медицинской помощи (диагностики, лечения и медицинской профилактики заболеваний, медицинской реабилитации пациентов, протезирования)» (сайт [med.by](http://med.by)). Также непосредственно в организациях-потребителях происходило ознакомление с НТП (письмо Министерства здравоохранения Республики Беларусь 14.02.2022 № 7–10/3115 «Об освоении научно-технической продукции в 2022 году»). Так, например, проведено обучение специалистов лаборатории санитарно-химических и токсикологических методов испытаний ГУ «Гомельский областной ЦГЭиОЗ» методике выполнения измерений массовой доли консервантов в пищевой продукции (МВИ 6323–2020). Обучение по использованию методов выявления бактерий вида *S. aureus* в воздушной среде помещений организаций здравоохранения (Инструкция по применению № 002–0521) и методики измерений количества микроорганизмов в воздухе помещений организаций здравоохранения (АМИ 0022–2021) с последующей аттестацией специалистов проведено в микробиологических лабораториях ГУ «Минский городской ЦГЭ» и ГУ «Минский областной ЦГЭиОЗ». В акте о внедрении от ГУ «Минский городской ЦГЭ» отмечено, что ознакомление с методом отбора образцов промышленной пыли для лабораторных исследований (Инструкция по применению № 003–1220) на рабочих местах предприятий по письменному запросу Республиканского центра профпатологии и аллергологии с целью получения из них экстрактов для аллергодиагностики профессиональной патологии у работников способствует повышению профессиональной информированности специалистов по гигиене труда.

Таким образом, научно-техническая продукция, разработанная в рамках заданий Подпрограммы «Безопасность среды обитания человека», используется в деятельности организаций здравоохранения, в том числе осуществляющих государственный санитарный надзор, учреждений образования, имеющих кафедры по подготовке, переподготовке и повышению квалификации специалистов с высшим образованием в области гигиены и профилактической медицины. Анализ внедрения результатов научно-исследовательских работ позволяет сделать вывод о высокой практической значимости разработок, что в последующем при их использовании будет способствовать достижению планируемого социально-экономического эффекта.

Получена 15.09.2022

## МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ МИНСКОГО РАЙОНА

*Кравченко Э.Н., магистрант, [eduard\\_kravchenko@tut.by](mailto:eduard_kravchenko@tut.by),  
Долгопол В.И., [info@minzchie.by](mailto:info@minzchie.by)*

Государственное учреждение «Минский зональный центр гигиены и эпидемиологии»,  
д. Боровляны, Республика Беларусь

Устойчивое развитие регионов и страны в целом возможно за счет таких значимых факторов, как население и социальный сектор экономики. Население и экономика являются взаимосвязанными неразрывными звеньями одной социально-экономической системы. Поддержание здоровья и обеспечение благополучия населения на высоком уровне достигаются посредством социальной политики государства, а социальная политика государства является основой для развития институтов гражданского общества и повышения эффективности государственного управления, стимулирует создание новых, более эффективных механизмов взаимоотношений государства и общества.

Вместе с тем одной из причин появления определенных социально-демографических проблем является отсутствие должного внимания к социальным интересам общества. Возникающий при этом кризис ценностных ориентаций и мотиваций создает существенный барьер устойчивому развитию регионов [3], что характерно и для Республики Беларусь.

С учетом складывающейся социально-экономической ситуации, включая внешнюю политику, демографические процессы, напрямую связанные с состоянием здоровья населения и окружающей средой, приобретают все большее значение и привлекают внимание общественности.

Как и все страны мира, Республика Беларусь вовлечена во всемирный исторический процесс, получивший название «демографического перехода». Его суть заключается в коренном изменении условий поддержания баланса рождаемости и смертности в процессе воспроизводства населения [2],

являющихся основными демографическими показателями. Вся система демографического воспроизводства и нормы демографического поведения людей пересматриваются, и такая перестройка продолжается уже на протяжении жизни нескольких поколений.

Следует отметить, что согласно современным научным представлениям состояние здоровья населения лишь на 10–15 % зависит от эффективности и доступности медицинских услуг. Определяющее значение для сохранения и укрепления здоровья имеют здоровый образ жизни, состояние окружающей среды, степень безопасности и комфортности условий труда и быта, рациональное питание и т.д. [5].

В настоящее время на территории Республики Беларусь функционирует система социально-гигиенического мониторинга. Данная система находится на этапе, когда огромную значимость в установлении причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и окружающей средой имеет определение и ранжирование вклада действия основных факторов, определяющих здоровье (социальных, экономических, экологических и др.).

Вклад названных факторов в формирование риска для здоровья населения может быть эффективно определен только при условии применения системного анализа с учетом комплексного действия антропогенных факторов, социальных и экономических условий проживания населения, с последующим принятием приоритетных управленческих решений [1].

Целью данной работы является оценка медико-демографических тенденций на территории Минского района с учетом вклада определенных факторов посредством использования материалов, предоставленных УЗ «Минская центральная районная клиническая больница», государственной статистической отчетности, с применением метода статистического анализа и экспертных оценок.

Минский район занимает 1-е место в Минской области по численности населения, на его территории проживает 17,6 % от численности всего населения области, состоящей из 23 регионов. Для района характерна многолетняя тенденция к росту общей численности населения, что связано с миграционным приростом, а не с естественными процессами смертности и рождаемости.

Численность населения Минского района на 1 января 2021 г. составила 259 710 человек, в том числе городского населения — 27 535 человек, сельского — 232 175 человек. С 2016 г. население Минского района выросло на 59 595 человек, по большей части за счет естественного движения населения. Миграционный процесс в Минском районе на протяжении более 10 лет характеризуется интенсивным приростом населения.

Минский район — это регион с преобладанием сельского населения, уровень урбанизации ниже по сравнению со средним по области более чем в 5 раз. В 2020 г. удельный вес населения, проживающего в городских поселениях (г. Заславль, г. п. Мачулищи), составил 10,6 %, в сельских населенных пунктах — 89,4 %.

В 2020 г. в общей структуре населения района преобладает женское население (52,9 %). Коэффициент соотношения между полами находится на уровне 2019 г. и равен 1 : 1,1.

Лица трудоспособного возраста составляют 61,1 % от общего количества населения района, доля лиц моложе трудоспособного возраста — 20,9 %, старше трудоспособного возраста — 18,0 %.

Индекс молодости в районе вырос с 1,03 в 2016 г. до 1,16 в 2020 г.

Многолетняя динамика рождаемости в Минском районе за период 2009–2019 гг. характеризуется умеренной тенденцией к снижению (Тпр. —4,39).

В расчете на 1000 человек населения число браков в Минском районе в 2020 г. снизилось на 30,8 % по сравнению с 2019 г. и составило 3,6, что на 26,5 % ниже показателя по Минской области. В свою очередь количество разводов на 1000 человек населения за 2020 г. снизилось с 3,7 до 3,5, то есть на 5,4 %; районный показатель меньше областного на 5,4 %. Среди населения района, проживающего в сельской местности, разводов на 1000 человек на 28,6 % больше, чем среди городского населения. На 1000 зарегистрированных браков в 2020 г. приходилось 988 разводов, что на 38,8 % выше уровня 2019 г. (712 разводов) и на 30,7 % больше, чем по Минской области.

Показатель абортов в Минском районе в 2020 г. составил 10 случаев на 100 родившихся живыми, что на 13 % меньше, чем в 2019 г. (11,5 случая на 100 родившихся живыми). Количество абортов на 1000 женщин в возрасте 15–49 лет в Минском районе в 2020 г. осталось на уровне 2019 г. — 3,4.

Многолетняя динамика общего коэффициента смертности населения Минского района (на 1000 населения) за период 2009–2019 гг. характеризуется умеренной тенденцией к снижению (Тпр. —4,66).

Заболеваемость занимает отдельное место среди демографических показателей Минского района. С 2018 г. в Минском районе отмечается ежегодное снижение уровня как общей, так и первичной заболеваемости населения, что свидетельствует о положительной динамике устойчивого развития территории по вопросам профилактики и лечения заболеваний, в первую очередь неинфекционных.

За последние пять лет наметилась тенденция к снижению показателя первичной заболеваемости, среднегодовой темп снижения для всех контингентов составил  $-4,57\%$ , для взрослого населения —  $-0,63\%$ , для детского —  $-12,83\%$ .

Показатели общей и первичной заболеваемости населения Минского района на протяжении ряда лет меньше аналогичных среднеобластных показателей. Так, в 2020 г. общая заболеваемость по району ниже, чем по области, на  $18,6\%$ , первичная — на  $21\%$ .

В 2020 г. Минский район занял в Минской области третье место среди районов с самым низким уровнем общей заболеваемости и четвертое место среди районов с самым низким уровнем первичной заболеваемости.

Таким образом, устойчивость территории района характеризуется рядом положительных тенденций медико-демографических показателей: многолетняя динамика общей смертности характеризуется тенденцией к снижению, естественное движение населения характеризуется прибылью, в возрастной структуре населения преобладает трудоспособное население и лица моложе трудоспособного возраста, выражена тенденция к снижению заболеваемости.

При этом сохраняются отрицательные тенденции таких медико-демографических показателей, как рождаемость, браки и разводы, связанные с естественными процессами, протекающими в обществе, которые осложняют процессы устойчивого развития района.

Необходимо отметить, что в динамике демографических процессов находят свое отражение отдельные здоровьеопределяющие факторы. Так, демографические процессы в наибольшей степени связаны с экологическими факторами и экономическими условиями. Имеющийся опыт работы позволяет выделить наиболее информативные приоритетные эколого-социально-экономические факторы, с наибольшей достоверностью отражающие демографические процессы на территории региона. Приоритетными факторами, оказывающими влияние на демографические процессы, оказались такие, как доходы населения в трудоспособном и старшем трудоспособном возрасте, благоустройство жилища, благоустройство жилищ централизованными системами отопления и водоснабжения, средняя площадь жилищ на человека, объем платных и бытовых услуг на душу населения, обеспеченность школами и детскими садами, загрязнение атмосферного воздуха выбросами веществ, численность населения на одного врача и др.

Учитывая вышеизложенное, в целом можно считать, что демографические процессы, протекающие на территории Минского района, являются динамически положительными и ориентированными на достижение санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Вместе с тем необходимым представляется продолжить использование подхода комплексного анализа и оценки воздействия взаимосвязанных здоровьесберегающих факторов на территории Минского района при разработке территориальных программ и планов, направленных на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения, с целью последующего прогнозирования вариантов по его улучшению с принятием соответствующих управленческих решений.

## Литература

1. Оценка вклада факторов среды обитания в формирование демографической ситуации на региональном уровне / Е.Н. Вальцина [и др.] // Гигиена и санитария. — 2009. — № 5. — С. 20–22.
2. Вишневский, А.Г. Характеристика основных демографических показателей РФ / А.Г. Вишневский // Общественное здоровье и здравоохранение с основами медицинской информатики. Национальное руководство / гл. ред. Г.Э. Улумбекова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — С. 79–99.
3. Демографические процессы и ресурсообеспеченность системы здравоохранения в регионах России: оценка взаимосвязи // Средовые факторы формирования здоровья населения регионов России в контексте концепции устойчивого развития: монография / О.А. Козлова [и др.]. — Екатеринбург: Ин-т экономики Урал. отделения РАН, 2020. — С. 96–102.
4. Султанаева, З.М. Демографическая политика на региональном уровне / З.М. Султанаева // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. — 2010. — № 5 — С. 3–5.
5. Эрдыниева, Л.С. Демографические процессы и социально обусловленные заболевания среди населения Республики Тыва / Л.С. Эрдыниева, Б.Л. Чурук, О.М. Шожат // Проблемы управления здравоохранением. — 2006. — № 2. — С. 39–41.

Поступила 02.09.2022

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГИГИЕНЕ

Мальшева А. Г., д. б. н., профессор, [amalysheva@cspmtz.ru](mailto:amalysheva@cspmtz.ru),  
Стародубова Н. Ю., к. б. н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Россия

Существующая система государственного аналитического мониторинга среды ориентирована на ограниченное количество показателей, что не позволяет учитывать опасность присутствия ненормированных и неидентифицированных веществ, влияние которых на население остается неконтролируемым, что может представлять угрозу его здоровью. Приведены данные о физико-химических исследованиях различных объектов окружающей среды в области идентификации спектров органических веществ с учетом источников загрязнения и происходящих процессов трансформации веществ под влиянием физико-химических факторов.

Аналитические исследования с использованием физико-химических методов анализа занимают одно из ключевых мест в гигиене, так как являются информационной основой для решения многих научных и практических задач в гигиене. Именно поэтому они получили широкое развитие.

Из всего многообразия проблем аналитических исследований для решения задач гигиены можно выделить наиболее актуальные направления:

- физико-химические исследования для совершенствования химико-аналитического контроля качества и безопасности окружающей среды;
- изучение процессов трансформации веществ, происходящих в воздухе, воде, почве под действием различных физико-химических факторов;
- оценка эффективности и безопасности применения новых технологий;
- методическое обеспечение химико-аналитического мониторинга состояния окружающей среды, включающее разработку новых и совершенствование существующих методов целевого анализа, а также разработку многокомпонентных методов контроля.

К настоящему времени наблюдается интенсивный рост химических соединений. Так, по оценкам различных международных регистров в мире было зарегистрировано в 1990 г. около 10 млн химических веществ, к началу 2012 г. — около 65 млн, к настоящему времени — более 200 млн. Из них почти 5 млн могут являться потенциальными загрязняющими веществами, поскольку имеют практическое применение в промышленности и народном хозяйстве.

Состояние окружающей среды, в частности атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов, почв в промышленных регионах Российской Федерации, в которых проживает значительная часть населения, характеризуется многокомпонентным составом загрязнений и остается неблагоприятным.

В состав веществ, загрязняющих атмосферный воздух и водные объекты, входят токсичные, опасные и нередко проявляющие канцерогенное действие вещества. Значительные участки почв также загрязнены тяжелыми металлами, пестицидами, токсикантами промышленного происхождения.

По данным государственного экологического мониторинга, более 50 % городского населения подвержено воздействию загрязненного атмосферного воздуха. Перечень городов Российской Федерации, в которых регистрируются случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха (с концентрациями отдельных веществ более 10 ПДК), включает более 200 городов, расположенных в различных федеральных округах.

Гигиеническим требованиям не соответствует более 35 % поверхностных источников питьевого водоснабжения и более 15 % подземных источников из-за повышенного содержания в них загрязняющих веществ промышленного происхождения. Однако к настоящему времени весь аналитический мониторинг состояния среды основан на учете малого количества веществ.

В то же время в атмосферном воздухе у мусоросжигательного завода идентифицировано 81 вещество. Воздух вблизи производства электротехнической промышленности оказался загрязнен 88 соединениями. Помимо винилхлорида в высоких концентрациях присутствовали хлористый водород, четыреххлористый углерод, бензол, толуол. В воздухе вблизи расположения производства с использованием электронной обработки материалов кабельной промышленности выявлено 115 веществ, среди них токсичные нитрилы, нитросоединения и ацетофенон. В атмосферном воздухе

у автодорог с интенсивным движением автотранспорта обнаружено 175 летучих химических соединений. В воздушной среде жилых помещений идентифицировано 80 соединений, адсорбированных на бытовой пыли, относящихся к различным группам химических веществ. Среди них такие токсичные вещества, как сероуглерод, метакролеин, акрилонитрил. Выявлено свыше 100 веществ, адсорбированных в волосах человека. В помещении, где курят, обнаружено 121 вещество, среди них высокотоксичные и опасные — стирол, метилпиразол, метилнитрозамины, изоамилнитрил. В воздухе помещения после евроремонта определено 156 соединений. Процесс приготовления пищи являлся источником появления в помещении кухни 67 соединений, среди них — полициклические ароматические углеводороды, альдегиды, азотсодержащие, серосодержащие соединения.

Актуальным направлением является изучение физико-химических процессов трансформации химических веществ в окружающей среде. Наши исследования объектов окружающей среды в различных регионах показали, что пробы атмосферного воздуха, воды водных объектов, почвы часто содержат не учтенные в технологических выбросах соединения в количествах, превышающих гигиенические нормативы. Если при химико-аналитическом контроле качества атмосферного воздуха жилой зоны ориентироваться только на исходные загрязняющие вещества, входящие в состав выбросов расположенного вблизи предприятия, то при отсутствии их в атмосферном воздухе за границей санитарно-защитной зоны или при обнаружении их в незначительных концентрациях можно сделать вывод о ситуации экологического благополучия. Однако остается неучтенным тот факт, что при трансформации веществ может образоваться новый букет загрязнений, среди которых возможно присутствие более токсичных и опасных, чем исходные, соединений. Так, установлено, что при воздействии деструктирующих природных (озона, УФ-излучения, оксидов азота, температуры, влажности и др.) и техногенных (под воздействием новых, в том числе природоохранных, технологий) факторов в воздухе из одного вещества, например, бензола, толуола, фенола или пентена, возможно образование до 20 и более продуктов трансформации.

Выявлен вклад продуктов жизнедеятельности человека в общий уровень загрязнения воздушной среды в различных типах зданий. В залах большой вместимости продукты жизнедеятельности человека являются основным источником загрязнения воздушной среды, их вклад составляет 38–45%. В крытых спортивных сооружениях вклад продуктов жизнедеятельности — 40–50%. В административных зданиях — 9–21%, жилых помещениях — 10–32%. Вклад табачного дыма в загрязнение воздушной среды помещений может достигать 60–90%.

В воздухе жилых помещений, и особенно в воздушной среде помещений с большим скоплением людей, в значительных количествах обнаружены вещества, существенно превышающие их допустимый уровень или совсем отсутствующие в атмосферном воздухе (диметиламин, ацетон, стирол, этилбензол, метилэтилбензол, пропилбензол, этанол, циклические углеводороды, хлороформ, альдегиды, гексен, ундецен, этилацетат, бутилацетат, метилизобутилкетон, трихлорэтилен), в читальном зале библиотеки при максимальном количестве читателей концентрации ацетальдегида, диэтилового эфира, метилэтилкетона, бензола, бутилового спирта, гептана, октана, толуола, ксилола, ацетона, этилбензола четыреххлористого углерода, этанола значительно превосходили фоновые концентрации.

В воздушной среде закрытых спортсооружений обнаружены вещества, которые отсутствуют в воздухе административных зданий (триметиламин, диметиламин, амилацетат — вещества, которые выделяются в повышенных количествах при физической нагрузке). В гимнастическом зале при максимальном количестве спортсменов концентрации метилэтилкетона, ацетальдегида, пентана, гексана, метилгексана, этанола, диметиламина, метилэтилбензола, пропилбензола, диметилэтилбензола, толуола, изопропиламина также значительно превышали фоновые. Существенно изменялся качественно-количественный состав химических веществ в зрительном зале театра после спектакля. После спектакля возрастали концентрации этилацетата, метилэтилкетона, диметиламина, бутилацетата, бензальдегида, изопропанола.

Из идентифицированных веществ значительная часть (более 50%) не имела гигиенических нормативов. Следовательно, их влияние на здоровье человека оставалось бесконтрольным. Среди ненормированных веществ присутствовали соединения, относящиеся к группам высокотоксичных соединений.

Приведенные данные свидетельствуют об ограниченности аналитического мониторинга среды, включающего стандартный набор в пределах 20–60 контролируемых показателей. Неучтенные вещества могут вносить существенный вклад в оценку опасности здоровья населения. В перечнях ненормированных веществ присутствовали соединения, относящиеся к группам высокотоксичных соединений. Так, среди групп атмосферных загрязнений, в состав которых входили высокотоксичные вещества, доля ненормированных соединений составляла: для органических нитрилов — 83%, ин-

данов — 100%, кетонов — 88%, олефинов и диенов — 73%, циклоуглеводородов — 56%, ароматических соединений — 39%, галогенуглеводородов — 38%, фуранов — 25%, для альдегидов — 14%.

Важно учитывать реальные спектры веществ и уровни их содержания при расчете химической нагрузки на здоровье населения. В частности, уровень загрязнения воздушной среды, рассчитанный по суммарному превышению ПДК (далее —  $K_{\text{сум}}$ ) с учетом большого количества идентифицированных соединений, в атмосферном воздухе в районе расположения мусоросжигательного завода составил 127, на перекрестке с интенсивным автомобильным движением — 84, в воздухе комнаты с табачным дымом — 79 (для сравнения: в атмосферном воздухе в парке — 5), в то время как расчет  $K_{\text{сум}}$  только по стандартным контролируемым показателям не дает истинного представления о реальной опасности химического загрязнения этих объектов.

Не в меньшей степени актуальна проблема трансформации веществ при оценке качества и безопасности питьевой воды. Так, хлорирование продолжает оставаться наиболее распространенным способом обеззараживания питьевой воды, несмотря на установленную опасность образования токсичных и опасных галогенсодержащих продуктов трансформации. Анализ химического состава воды в плавательном бассейне аквапарка показал опасность образования в воде широкого спектра токсичных органических веществ и продуктов трансформации под действием хлора. Так, в воде бассейна обнаружено более 50 веществ. Среди них выявлены предельные, циклические и ароматические углеводороды и их кислород-, галоген-, азот- и серосодержащие производные. Обнаружено присутствие более 10 галогенсодержащих соединений, составивших более 40% суммарного содержания всех идентифицированных веществ. Среди них в значительных концентрациях выявлены хлороформ, бромдихлорметан, дихлорметан, дихлорацетонитрил, четыреххлористый углерод, хлорметилбензэтанолламин, ди- и трихлорацетамиды, дихлортрифторэтан, трихлордифторэтан. При этом нормированные хлороформ, бромдихлорметан, четыреххлористый углерод, дихлорметан присутствовали в значительных концентрациях, превышающих уровни хлорированной питьевой воды. Так, хлороформ в воде бассейнов присутствовал в концентрациях до 100 мкг/дм<sup>3</sup>, что соответствовало уровню гигиенического норматива для питьевой воды, бромдихлорметан — до 10 мкг/дм<sup>3</sup>. Одновременно выявлено присутствие азотсодержащих (аминов, амидов, нитросоединений) и серосодержащих соединений, составивших до 4,2% суммарного содержания идентифицированных веществ, что свидетельствует о загрязнении воды бассейнов продуктами жизнедеятельности человека. Для 80% выявленных веществ гигиенические нормативы не установлены, в связи с этим они не контролируются, хотя их присутствие может представлять угрозу для здоровья человека.

Альтернативный хлорированию метод озонирования также способствует образованию продуктов трансформации, которые, несмотря на увеличивающиеся масштабы применения озонирования, для большинства загрязняющих веществ не идентифицированы. Идентификация продуктов трансформации в воде показала, что из одного вещества (например, толуола) под влиянием озона образовалось до 10 и более соединений, некоторые из них были более токсичными, чем исходное вещество.

Для сравнительной оценки опасности образовавшихся продуктов трансформации проведены аналитические исследования, направленные на идентификацию продуктов хлорирования и озонирования поверхностно-активных веществ (далее — ПАВ) в воде. Хромато-масс-спектрометрический анализ водных растворов ПАВ показал, что катионные поверхностно-активные вещества содержали посторонние примеси в виде предельных и непредельных спиртов  $C_6-C_{10}$ , составляющие до 9% массового содержания. При действии хлора на воду, содержащую ПАВ, в результате процессов трансформации обнаружено увеличение уровня содержания низкомолекулярных примесей более чем в 2 раза. При озонировании, наоборот, выявлено снижение их уровней, однако установлено образование токсичных и опасных кислородсодержащих соединений — альдегидов, а также органических кислот. Из этого следует важный в гигиеническом отношении вывод, что при контроле качества воды за загрязнением поверхностно-активными веществами и при их гигиеническом нормировании необходимо контролировать процессы трансформации, учитывая возможность образования в результате водоподготовки более токсичных и опасных продуктов.

Каждое производство характеризуется специфическим составом выбросов. Расшифровка компонентного состава химических загрязнений атмосферного воздуха позволяет, как по отпечаткам пальцев, выявить источник или виновника загрязнения. Так, хромато-масс-спектрометрический анализ выбросов в атмосферный воздух от табачной фабрики выявил присутствие 49 органических веществ средней и малой летучести. Обнаружены в значительных концентрациях азотсодержащие вещества, в частности производные пиридина, пиррола, пиразина, никотина, и фурановые соединения, в том числе фуран. Более 90% идентифицированных веществ не имели гигиенических нормативов. Сравнительный анализ химического состава выбросов до и после очистного сооружения показал уменьшение уровней содержания группового состава химических веществ, при этом со-

держание никотина снизилось почти в 70 раз, а количество веществ после очистки уменьшилось в 3 раза. Однако было обнаружено появление 8 новых веществ, среди них азотсодержащие вещества, относящиеся к группе токсичных и опасных соединений, которые не контролируются, и их влияние на здоровье населения остается неучтенным.

Для совершенствования аналитического контроля качества и безопасности окружающей среды целесообразно исходить из следующего алгоритма: идентификация с количественной оценкой возможно более полного спектра загрязняющих веществ; выбор ведущих показателей на основе оценки выявленного компонентного состава загрязнений по степени их гигиенической значимости с учетом комплекса критериев (частота обнаружения, уровни концентраций, групповая принадлежность, специфичность для расположенного вблизи источника загрязнения при контроле атмосферного воздуха или способа обеззараживания при контроле питьевой воды, способность к трансформации, возможность образования более токсичных продуктов трансформации); контроль целевыми анализами по выбранным ведущим показателям.

Поступила 24.08.2022

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ — НАДЕЖНАЯ ЗАЩИТА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ**

*Мойсак И. В., ts1@rcheph.by,  
Мозаловская М. М., ts3@rcheph.by*

Государственное учреждение «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», г. Минск, Республика Беларусь

В современном мире идут глобальные интеграционные процессы, рождающие новые экономико-политические центры, один из них — Евразийский экономический союз (далее — Союз). Исчезновение внутри него таможенных границ, активизация трудовой миграции населения, либерализация движения товаров, развитие торгово-экономических отношений, расширение общественных и культурных международных связей, рост туристической индустрии — все это, безусловно, позитивные явления. Создание Союза является важным и ответственным шагом на пути к улучшению экономического климата между государствами, дальнейшей интеграции государств — членов альянса.

Вместе с тем не исключена возможность проникновения на территории государств — участников Союза загрязняющих веществ, небезопасных товаров, в том числе пищевых продуктов.

В связи с этим с целью минимизации дополнительных рисков государства-члены в рамках заключенного Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г. (далее — Договор) проводят согласованную политику в сфере применения санитарных мер, которая реализуется путем совместной разработки, принятия и последующего исполнения государствами-членами международных договоров и актов Евразийской экономической комиссии (далее — Комиссия) [1].

Санитарные меры являются обязательными для исполнения требованиями и процедурами (в том числе требования к конечному продукту, методам обработки, производству, транспортировке, хранению и утилизации, процедурам отбора проб, методам исследований (испытаний), оценки риска, государственной регистрации, требования к маркировке и упаковке), которые направлены на обеспечение безопасности продукции в целях защиты жизни и здоровья человека [1].

Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения обеспечивается комплексом мероприятий, которые позволяют устранить или уменьшить такие риски, предотвратить возникновение и распространение инфекционных и массовых неинфекционных болезней (отравлений), перемещение опасных товаров.

Обеспечение санитарной охраны таможенной территории Союза от завоза продукции, не соответствующей санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям, и проведение согласованной политики в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения являются приоритетными задачами государств — членов Союза.

В соответствии с Договором государства — члены Союза создали в пунктах пропуска, предназначенных для перемещения подконтрольных государственному санитарно-эпидемиологическому надзору товаров через таможенную границу Союза, специально оборудованные и оснащенные санитарно-карантинные пункты и принимают меры по проведению необходимых санитарно-противоэпидемических мероприятий [1].

С целью обеспечения санитарно-эпидемиологической защиты населения от завоза и распространения опасных грузов, а также в случае угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера, создающих угрозу общественному здоровью, в пунктах пропуска на таможенной границе Союза в Республике Беларусь на путях международного автомобильного, воздушного и железнодорожного сообщения функционирует 36 санитарно-карантинных пунктов (20 автодорожных, 2 воздушных, 14 железнодорожных) [2, 4].

Санитарно-карантинный контроль (далее — СКК) в пунктах пропуска на Государственной границе Республики Беларусь осуществляется в соответствии с Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299 «О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе»; Международными медико-санитарными правилами (2005 г.), принятыми в г. Женеве 23.05.2005 на 58-й сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения; Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009 г. № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» и иными законодательными актами Республики Беларусь и актами, составляющими право Союза [4].

Санитарно-карантинный контроль подконтрольных товаров включает контроль документов, подтверждающих безопасность продукции (товаров) в части ее соответствия санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям, транспортным (перевозочным) и (или) коммерческим документам, оценку (осмотр) подконтрольных товаров и, в случае необходимости, отбор проб [2].

Оценка (осмотр) подконтрольных товаров, прибывших на таможенную территорию Союза, осуществляется при наличии санитарно-эпидемиологических показаний (поступление информации о прибытии подконтрольных товаров, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям; наличие информации о несоответствии подконтрольных товаров заявленным в транспортных (перевозочных) и/или коммерческих документах; прибытие товаров из стран, неблагополучных в эпидемиологическом отношении, и/или из зараженных в результате радиоактивных, химических и биологических аварий районов, и/или с признаками присутствия грызунов и насекомых; выявление нарушений условий транспортировки, целостности контейнеров, лихтеров, повреждения упаковки; применение Министерством здравоохранения системы управления рисками, в соответствии с которой подконтрольные товары подлежат оценке (осмотру)) [2, 3].

Специалистами санитарно-карантинных пунктов республики за период с 2019 по 2021 г. досмотрено более 698 тыс. партий подконтрольных санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) товаров (грузов), объемом свыше 3,542 млн т, которые следовали в Республику Армения, Республику Казахстан, Кыргызскую Республику, Российскую Федерацию. Из них досмотрено 312,7 тыс. партий опасных грузов, 70,6 тыс. партий пищевых продуктов, 314,7 тыс. партий прочих (рисунки 1 и 2) [5].

За данный период приостановлен либо временно запрещен ввоз на таможенную территорию Союза в Республике Беларусь 24,4 тыс. партий товаров, объемом свыше 409,2 тыс. т (3,5 % от всех досмотренных партий товаров) (рисунок 1) [5].

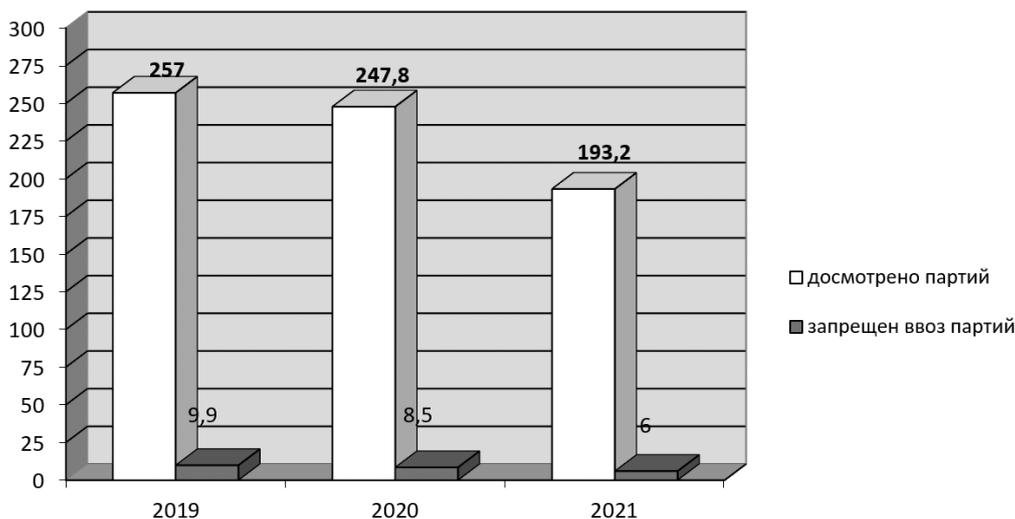


Рисунок 1 — Количество продукции, досмотренной и запрещенной к ввозу по результатам СКК

Работниками санитарно-эпидемиологической службы в рамках применения системы управления рисками проведена оценка (осмотр) 26,3 тыс. партий подконтрольных товаров, объемом 412,8 тыс. т, по результатам которой приостановлен (временно запрещен) ввоз 23,9 тыс. партий товаров (98,1 % от всех запрещенных партий товаров), объемом 407,8 тыс. т [5].

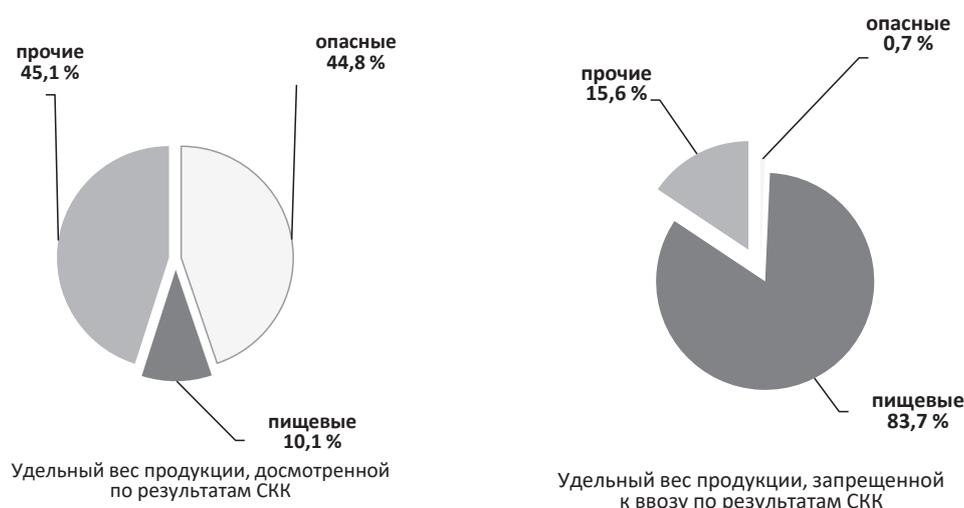
Вследствие проведенного документарного санитарно-карантинного контроля подконтрольных товаров запрещен ввоз 452 партий товаров (1,9 % от всех запрещенных партий товаров), объемом 1,4 тыс. т (рисунок 3) [5].

Из всех приостановленных либо временно запрещенных товаров опасные грузы составили 166 партий (941 тонна), пищевые продукты и продовольственное сырье — 20,4 партии (400,4 тыс. т), прочие — 3,8 тыс. партий (7,9 тыс. т) (рисунок 2) [5].

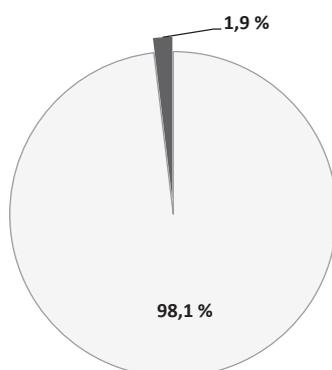
Реализация санитарно-карантинного контроля в пунктах пропуска через Государственную границу Республики Беларусь позволила не допустить ввоз на таможенную территорию Союза продукции, не отвечающей требованиям безопасности для жизни и здоровья человека.

Благодаря проводимой на постоянной основе работе санитарно-эпидемиологической службы республики обеспечивается стабильно высокий уровень санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты как территории Республики Беларусь, так и территории Союза от потенциально опасной для здоровья человека продукции.

Углубление интеграции государств — членов Союза в области санитарных мер позволяет повысить санитарно-эпидемиологическую безопасность территории Союза, обеспечить снижение административных барьеров в международной и взаимной торговле, гармонизировать договорно-правовую базу Союза в области санитарных мер с международным законодательством, тем самым гарантировать свободу движения товаров.



**Рисунок 2 — Удельный вес пищевой, опасной и прочей продукции, досмотренной и запрещенной к ввозу по результатам СКК**



**Рисунок 3 — Приостановлен либо временно запрещен ввоз по результатам применения системы управления рисками и по итогам документарного санитарно-карантинного контроля подконтрольных товаров**

## Литература

1. Договор о Евразийском экономическом союзе [Электронный ресурс]: вступил в силу 1 января 2015 г. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F01400176>. — Дата доступа: 20.07.2022.
2. О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе [Электронный ресурс]: решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.
3. Инструкция о порядке действий (взаимодействия) таможенных органов, органов пограничной службы, органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, при проведении санитарно-карантинного контроля в пунктах пропуска через Государственную границу Республики Беларусь [Электронный ресурс]: утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Государственного таможенного комитета Республики Беларусь, Государственного пограничного комитета Республики Беларусь от 30.12.2013 г. № 135/34/16 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. — Минск, 2022.
4. Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://docs.eaeunion.org/ru-ru/>. — Дата доступа: 20.07.2022.
5. Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rcherph.by/>. — Дата доступа: 20.07.2022.

## НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ИНГАЛЯЦИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМУЛЯЦИЙ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сафандеев В.В., к. б. н., [visa.doc@mail.ru](mailto:visa.doc@mail.ru),

Синицкая Т.А., чл.-к. РАН, д.м.н., профессор, [sinitskaiata@fferisman.ru](mailto:sinitskaiata@fferisman.ru).

Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Мытищи, Россия

Устоявшиеся подходы в сельском хозяйстве не обеспечивают потребности населения в сельскохозяйственной продукции. Использование химических средств защиты растений — пестицидов и агрохимикатов — позволяет решить указанную задачу при выращивании сельскохозяйственных культур. Химические средства защиты растений классифицируются на категории в зависимости от использования — в качестве протравителей, гербицидов, десикантов, фунгицидов, регуляторов роста и т. д. При этом препараты, содержащие активные химические вещества, могут иметь разную препаративную форму: концентраты эмульсий, водные растворы, концентраты суспензий, гликолевые растворы, гранулы, водно-диспергируемые гранулы и пр. [1]. Использование различных препаративных форм пестицидов не должно наносить ущерб здоровью и окружающей среде в угоду экономической составляющей. Рациональное сельское хозяйство подразумевает такой подход, при котором будут всесторонне изучены санитарно-токсикологические свойства препаративных форм пестицидов.

Одной из наиболее важных составляющих при изучении санитарно-токсикологических свойств пестицидов является оценка их ингаляционной токсичности. Для исследования ингаляционной токсичности препаративных форм (формуляций) необходимо создать условия, при которых подопытным животным в ингаляционных камерах (системах экспонирования) будет непрерывно подаваться аэрозоль исследуемой формуляции препарата на протяжении четырех часов.

Существуют различные типы систем экспонирования [2]. Наиболее перспективной, на наш взгляд, является система по типу «голова-нос» [3]. Однако ввиду конструктивных особенностей системы возникают определенные сложности при проведении токсикологических исследований. Например, очень важно обеспечить поступление аэрозольного потока заданной концентрации в зону дыхания всех подопытных животных на протяжении эксперимента с обязательным контролем за гранулометрическим составом подаваемого аэрозоля [2].

Целью настоящего исследования явилось описание некоторых подходов при работе на системе экспонирования для различных формуляций пестицидов и агрохимикатов. Задачей исследования

являлся подбор параметров работы системы экспонирования для ингаляционной токсичности в зависимости от вида формуляций пестицидов и агрохимикатов.

В работе была использована система экспонирования по типу «голова–нос» (TSE Systems, Германия), у которой имелась возможность контроля различных параметров: концентрации, гранулометрического состава и т. п.

При исследовании различных препаративных форм пестицидов на системе экспонирования было важно подобрать параметры присутствия нерастворимых частиц и других веществ, препятствующих генерированию аэрозоля заданной концентрации с установленными нормативными документами значениями масс-медианы аэродинамического диаметра частиц и ее стандартного геометрического отклонения ввиду различной вязкости препаратов (от 1 до 3000 сП) [3].

Нами были выбраны пять препаратов следующих формуляций: концентрат эмульсии, концентрат суспензии, водно-диспергируемые гранулы, водный раствор, масляная дисперсия.

Для проведения исследований острой ингаляционной токсичности была определена целевая совокупная концентрация на уровне  $> 2000 \text{ мг/м}^3$ .

Исследования проводили в специализированной сертифицированной и валидированной системе экспонирования по типу «голова–нос».

Полученные количественные данные обрабатывали с помощью F-теста для оценки однородности выборки и t-теста Стьюдента для определения значимости различий в ПО «GraphPad Prism» (Version 5.0, GraphPad Software, США) и Excel (Microsoft Corporation, 2019, США). Данные представлены как среднее  $\pm$  статистическая ошибка среднего ( $M \pm m$ ).

Регистрировали данные потоков воздуха: Flow Appl (далее – FAp) – поток воздуха для смешивания с образцом и Flow Air (далее – FA) – чистый сухой воздух для создания равномерного ламинарного потока аэрозоля для каждого из препаратов (таблица 1).

Таблица 1 – Значения воздушных потоков при исследовании различных препаративных форм

Препаративная форма	КЭ		КС		ВДГ		ВР		МД	
	FAp, л/мин	FA, л/мин								
Препарат 1	15	7	20	0	18	2	18	2	20	0
Препарат 2	17	6	20	0	20	1	16	4,5	20	0
Препарат 3	15	8	18	2	20	0	20	0	18	2
Препарат 4	20	1	18	2	17	1	16	6	20	0
Препарат 5	17	1	18	2	20	0	18	2	20	1
$M \pm m$	$16,8 \pm 0,9$	$4,6 \pm 1,5$	$18,8 \pm 0,5$	$1,2 \pm 0,5$	$19,0 \pm 0,6$	$0,8 \pm 0,4$	$17,6 \pm 0,7$	$2,9 \pm 1,1$	$19,6 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,4$

Примечательно, что для достижения целевой совокупной концентрации более  $2000 \text{ мг/м}^3$  суммарный поток воздуха при исследовании всех формуляций находился в диапазоне от 18 л/мин до 23 л/мин. При этом значение Flow Appl было больше или равно 15 л/мин. Полученные значения необходимы для лучшего распыления аэрозоля с заданными параметрами гранулометрического состава и соответствуют рекомендациям производителя систем экспонирования.

Величина Flow Air не является постоянной и обязательной. Этот параметр может быть отключен для достижения наибольшей концентрации «тяжелых» препаративных форм: суспензионного концентрата, масляной дисперсии или водно-диспергируемых гранул. В то же время параметр Flow Air может быть включен для разбавления аэрозоля таких препаративных форм, как концентраты эмульсий, реже – водных растворов, и очень редко – для концентратов суспензий, масляных дисперсий и водно-диспергируемых гранул.

Исследования ингаляционной токсичности помимо наличия высокотехнологичного оборудования требуют индивидуального подбора параметров работы системы экспонирования для каждой препаративной формы пестицидов и агрохимикатов. Важно учитывать наличие нерастворимых веществ и высокой вязкости (более 1000 сП) препаративных форм, которые существенно снижают результат совокупной концентрации. В таких случаях рекомендуем снижать величину Flow Air и повышать величину Flow Appl до тех пор, пока не будет найдено их необходимое соотношение.

## Литература

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России) [Электронный ресурс]. — М., 2022. — Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rastenievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/>. — Дата доступа: 18.08.2022.

2. Порошин, М.А. Аэрозольная камерная установка по типу «голова — нос» TSE Systems для экспонирования лабораторных животных в эксперименте по нормированию производного дипиридила / М.А. Порошин, Н.С. Белоедова, В.В. Сафандеев // Медицина труда и экология человека. — 2022. — № 2. — С. 189–205.

3. Современные подходы к оценке острой ингаляционной токсичности химических веществ в воздушной среде на примере производного гидроксикумарина / В.В. Сафандеев [и др.] // Медицина труда и экология человека. — 2022. — № 2. — С. 206–224.

4. Acute Inhalation Toxicity — Acute Toxic Class Method [Electronic resource]: Test No. 436 / OECD, 2009. — Mode of access: <https://www.oecd.org/env/test-no-436-acute-inhalation-toxicity-acute-toxic-class-method-9789264076037-en.htm>. — Date of access: 30.01.2022.

Поступила 06.09.2022

## САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА Г. МИНСКА НА ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ИТОГИ 2021 Г.

Чернявская Н.В., [chernyavskaya@minsksanepid.by](mailto:chernyavskaya@minsksanepid.by),  
Автухова Н.Л.

Государственное учреждение «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

«Устойчивое будущее больше не является вариантом или выбором, оно стало необходимостью» [1]. 25 сентября 2015 г. государства — члены ООН приняли Повестку дня в области устойчивого развития до 2030 г. (далее — Повестка-2030), которая содержит цели, направленные на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всех на ближайшие 15 лет [2].

В 2015 г. Республика Беларусь одобрила Повестку-2030, взяв на себя обязательства по достижению всех показателей Целей устойчивого развития (далее — ЦУР), направленных на рост уровня и качества жизни людей. Для достижения на национальном уровне ЦУР создан Совет по устойчивому развитию под руководством Национального координатора. В состав Совета входит заместитель Министра — Главный государственный санитарный врач Республики Беларусь.

Министерство здравоохранения Республики Беларусь определено республиканским органом государственного управления, ответственным за мониторинг достижения ЦУР 3 «Хорошее здоровье и благополучие». Санитарно-эпидемиологической службе для организации работы по достижению показателей ЦУР в области профилактики инфекционных и неинфекционных болезней, связанных с влиянием среды обитания человека и образом жизни, делегирован мониторинг 7 индикаторов ЦУР 3:

показатель 3.3.1: «Число новых заражений ВИЧ (оценочное количество) на 1000 неинфицированных в разбивке по полу и возрасту»;

показатель 3.3.3: «Заболеваемость малярией на 1000 человек»;

показатель 3.3.4: «Заболеваемость гепатитом В на 100 000 человек»;

показатель 3.9.1: «Смертность от загрязнения воздуха в жилых помещениях и атмосферного воздуха»;

показатель 3.9.2: «Смертность от отсутствия безопасной воды, безопасной санитарии и гигиены (от отсутствия безопасных услуг в области водоснабжения, санитарии и гигиены (ВССГ) для всех»;

показатель 3.b.1: «Доля целевой группы населения, охваченная иммунизацией всеми вакцинами, включенными в национальные программы»;

показатель 3.d.1: «Способность соблюдать Международные медико-санитарные правила (ММСП) и готовность к чрезвычайным ситуациям в области общественного здравоохранения».

В рамках межведомственной ответственности за поддержание здоровья нации и государственной политики по достижению показателей ЦУР Министерству здравоохранения Республики Беларусь поручен мониторинг показателей и из других Целей (№ 2, 5, 6, 7, 11).

Согласно архитектуре управления процессом достижения Целей устойчивого развития в Республике Беларусь [3], государственное учреждение «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» (далее — МГЦГЭ) входит в состав региональной группы по ЦУР. Каждый год председателем Минского городского исполнительного комитета утверждается план мероприятий региональной группы по устойчивому развитию г. Минска. Для мониторинга достижения ЦУР определен региональный перечень, состоящий из 122 показателей, интегрированный в «Региональную платформу предоставления данных по показателям ЦУР» Главного статистического управления г. Минска.

В столице эффективно функционирует система работы учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, по достижению показателей ЦУР, которая в полной мере привержена Повестке-2030 и направлена на реализацию принципа «Здоровье для всех в любом возрасте», в том числе на предотвращение и снижение инфицирования ВИЧ, распространения туберкулеза и других инфекционных заболеваний, которые несут угрозу здоровью граждан; снижение преждевременной смертности по основным группам неинфекционных заболеваний (далее — НИЗ); расширение информирования населения с использованием средств массовой информации и социальной рекламы о факторах, несущих угрозу здоровью населения, а также формирование поведенческих навыков здорового образа жизни для различных возрастных групп населения.

В своей деятельности специалисты санитарно-эпидемиологической службы г. Минска руководствуются следующими документами:

- приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 09.08.2021 № 961 «О показателях Целей устойчивого развития»;

- приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15.11.2018 № 1178 «О системе работы органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, по реализации показателей Целей устойчивого развития»;

- рекомендациями по стартовым организационным процедурам исполнения учреждениями санитарно-эпидемиологической службы приказа Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 15.11.2018 № 1178 «О системе работы органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, по реализации показателей Целей устойчивого развития»;

- Концепцией совершенствования деятельности органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, по профилактике неинфекционной заболеваемости (решение Республиканского санэпидсовета от 26 июля 2017 г. № 5);

- 11 программами достижения показателей ЦУР на период до 2030 г., утвержденными решением Республиканского санэпидсовета от 31.07.2019 № 5 (далее — Программы);

- рекомендациями по организации межведомственного взаимодействия при проведении на административных территориях мероприятий по профилактике болезней и формированию здорового образа жизни для достижения показателей ЦУР от 14.10.2020, утвержденными заместителем Министра здравоохранения — Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь А.А. Тарасенко.

Основопологающим документом, регламентирующим работу всех специалистов санитарно-эпидемиологической службы (далее — СЭС) г. Минска по реализации достижения показателей ЦУР, является приказ Главного государственного санитарного врача г. Минска от 08.06.2022 № 60 «О системе работы санитарно-эпидемиологической службы г. Минска по реализации показателей ЦУР». Выстроена четкая система работы всех специалистов СЭС г. Минска по реализации показателей ЦУР по принципу: «Никого не оставить в стороне. Все должны знать о ЦУР, трудиться для их достижения». Определен состав специалистов, ответственных за мониторинг показателей ЦУР и индикаторов управленческих решений, согласно программам их достижения. Установлены сроки предоставления и форма отчетов о реализации показателей ЦУР.

Специалистами СЭС города разработаны и утверждены в администрациях районов Планы действий по профилактике болезней и формированию здорового образа жизни (далее — Планы действий), в которых определены основные направления по достижению показателей ЦУР на краткосрочный и долгосрочный период. Налажено межведомственное взаимодействие с субъектами (объектами) социально-экономической деятельности для достижения показателей/индикаторов ЦУР.

Система мониторинга показателей устойчивого развития в г. Минске выстроена согласно рекомендациям Государственного учреждения «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья».

На заседании региональной группы по устойчивому развитию 28 октября 2021 г. был заслушан доклад Главного государственного врача г. Минска о достижении показателей Цели № 3 по итогам 2021 г. Ниже представлены основные результаты работы по данному направлению.

*Задача ЦУР 3.3. К 2030 г. положить конец эпидемиям СПИДа, туберкулеза, малярии и тропических болезней, которым не уделяется должного внимания, и обеспечить борьбу с гепатитом, заболеваниями, передаваемыми через воду, и другими инфекционными заболеваниями.*

*Показатель 3.3.1 «Число новых заражений ВИЧ (оценочное количество) на 1000 населения в разбивке по полу и возрасту»* составляет 0,19 на 1000 человек (прогнозный показатель на 2025 г. — 0,25 на 1000 человек). В структуре заболеваемости по полу на протяжении ряда лет существенно преобладают мужчины (70,2%). Показатель охвата основных ключевых групп населения с высоким риском инфицирования ВИЧ-профилактическими мероприятиями в 2021 г. составляет 87% (целевой уровень — 57%). Охват антиретровирусной терапией людей, живущих с ВИЧ и знающих свой ВИЧ-положительный статус, составил 81,8% (целевой показатель — 90,0%).

Вместе с тем не выполнен косвенный индикатор стратегической цели ЮНЭЙДС «95–95–95»: 87,3% (5437 человек) — 81,8% (3971 человек) — 79,1% (3141 человек).

Достижение прогнозного показателя обеспечено благодаря реализации Плана мероприятий по предупреждению распространения ВИЧ-инфекции в г. Минске на 2020–2021 гг. и подпрограммы 5 «Профилактика ВИЧ-инфекции» Государственной программы «Здоровье народа и демографическая безопасность» на 2021–2025 гг.

Для повышения информированности широких групп населения по вопросам профилактики ВИЧ/СПИД в 2021 г. в рамках реализации показателя 3.3.1 проведено 47 акций, 83 семинара, 33 круглых стола, 287 лекций, 127 групповых консультаций с участием 5010 человек, индивидуально проконсультирован 1141 человек, 424 консультации по телефонам «горячей линии». Реализовано 1 выступление по телевидению, 27 выступлений на радио, 5 публикаций в печати, 78 материалов размещено на интернет-ресурсах.

*Показатель 3.3.3 «Заболеваемость малярией на 1000 человек» достигнут.*

Город Минск по этому показателю относится к территории, свободной от малярии, но с сохранением умеренного риска передачи инфекции. Зарегистрированный в столице в 2021 г. один случай малярии является завозным (показатель 0,0005 на 100 тыс. населения, прогноз на 2025 г. — 0,002).

Постоянный контроль ситуации по предупреждению заболевания, своевременному выявлению и лечению малярии, а также по проведению мониторинга маляриогенной восприимчивости территории г. Минска позволяет минимизировать риск завоза и распространения инфекции. В городе на постоянной основе ведется информационно-образовательная работа с населением, выезжающим в эндемичные по малярии страны, работниками туристических организаций и медицинским персоналом.

*Показатель 3.3.4 «Заболеваемость гепатитом В на 100 000 человек» по итогам 2021 г. достигнут и составляет 5,7 на 100 тыс. населения (прогнозный показатель на 2025 г. — 9,5 на 100 тыс. населения). Превышений прогнозируемого показателя 2025 г. нет ни в возрастной структуре населения, ни в структуре по полу.*

С целью стабилизации эпидемического процесса по ВГВ на территории г. Минска проводятся мероприятия профилактической направленности среди населения, с акцентом на своевременность обследования, вакцинации и соблюдения мер профилактики вирусных гепатитов. Также проводится ряд мероприятий по реализации Плана элиминации вирусного гепатита С на 2020–2028 гг. как одного из ключевых спутников ВГВ.

*Задача ЦУР 3.9. К 2030 г. существенно сократить количество случаев смерти и заболеваний в результате воздействия опасных химических веществ, загрязнения и отравления воздуха, воды и почв.*

*Показатели 3.9.1 «Смертность от загрязнения воздуха в жилых помещениях и атмосферного воздуха» и 3.9.2 «Смертность от отсутствия безопасной воды, безопасной санитарии и гигиены для всех» по состоянию на 2022 г. не имеют национальной методики расчета. Оценка достижения индикаторов проводится по косвенным показателям (выполнение требований законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения).*

В целом по городу состояние воздушного бассейна оценивается как устойчивое. В ходе анализа данных лабораторных исследований качества атмосферного воздуха, по данным маршрутных постов МГЦГЭ за последние 13 лет (2009–2021 гг.) отмечалось стабильное снижение проб с превышением ПДК атмосферного воздуха с 5,5% в 2009 г. до 0,2% в 2021 г. Все нестандартные образцы атмосферного воздуха приходятся исключительно на формальдегид.

Показатель 3.9.1 достигнут в части первичной заболеваемости туберкулезом (показатель 5,9 на 100 тыс. населения, прогнозный на 2025 г. — 10,1) и на 60% — смертности населения от туберкулеза (0,2 на 100 тысяч человек, прогнозный показатель — 0,68).

Питьевая вода, подаваемая населению столицы, по результатам лабораторных исследований отвечает высокому уровню безопасности в эпидемическом отношении. 99,8 % населения г. Минска пользуется питьевой водой, подаваемой по водопроводу в помещение; 98,1 % водопроводов удовлетворяет нормативам по микробиологическому (вирусологическому) загрязнению; 98,7 % населения использует улучшенные санитарно-технические средства; 100 % водопроводов обеспечивают бесперебойную подачу воды и отвечают требованиям к содержанию фторидов в питьевой воде.

В 2021 г. удельный вес проб, не соответствовавших гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям безопасности, составил 1,5 %, по санитарно-химическим — 19,9 % (в 2012 г. — 2,3 % и 17,8 % соответственно).

На качестве подаваемой населению г. Минска воды по санитарно-химическим показателям сказывается использование поверхностного водоисточника г. Минска — водохранилища «Крылово» Вилейско-Минской водной системы, в зоне влияния которого находятся преимущественно Фрунзенский и Московский районы. Результатом очистки и обеззараживания является присутствие побочных продуктов водоподготовки в подаваемой воде (галогенсодержащих соединений, соединений алюминия). Полный перевод водохозяйственного комплекса на питьевое водоснабжение из подземных источников позволит решить существующие проблемы централизованной системы водоснабжения города Минска.

При мониторинге косвенных показателей ТНПА установлено, что заболеваемость дизентерией Флекснера и вирусным гепатитом А, обусловленная водным фактором, в 2021 г. оставалась на уровне предыдущего года и в многолетней динамике имеет выраженную тенденцию к снижению.

*Показатель 3.b.1* «Доля целевой группы населения, охваченная иммунизацией всеми вакцинами, включенными в национальные программы» в г. Минске достигнут и составляет 97,4 % (рекомендуемый ВОЗ — 97 %). Угрозой популяционному здоровью, возникающей в случае невыполнения показателя 3.b.3, являются несоблюдение Национального календаря профилактических прививок РБ, эпидемиологические осложнения (вспышки, эпидемии), дополнительный прирост инфекционных болезней среди уязвимых групп населения и рост избыточной инфекционной заболеваемости в связи с реализацией риска завоза и распространения инфекционных болезней [4].

Эффективный контроль за инфекционной заболеваемостью и поддержанию оптимальных уровней привитости среди населения г. Минска свидетельствует об устойчивости развития территории по вопросам вакциноуправляемых инфекций.

Для повышения информированности заинтересованных в 2021 г. проводились семинары с медицинскими работниками и родителями по вопросам профилактики вакциноуправляемых инфекций и важности вакцинации детей по Национальному календарю профилактических прививок.

*Показатель 3.d.1* «Способность соблюдать Международные медико-санитарные правила (ММСП) и готовность к чрезвычайным ситуациям в области общественного здравоохранения» не имеет методики расчета.

Показатель 3.d.1 достигнут в части обеспечения выполнения косвенных показателей номенклатуры исследований и оценок, регулируемых ТНПА Министерства здравоохранения Республики Беларусь, косвенных показателей, регулируемых территориальными базами данных и индикаторами управленческих решений.

Ежегодно проводится оценка готовности организаций здравоохранения г. Минска к проведению мероприятий при выявлении пациента с симптомами инфекционного заболевания, которое имеет международное значение и может представлять чрезвычайную ситуацию в области общественного здравоохранения. В целом по городу готовность к чрезвычайным ситуациям в области общественного здравоохранения находится на достаточном уровне.

Остаются проблемы в достижении индикаторов управленческих решений и косвенных показателей, входящих в Программы и характеризующих НИЗ. Тенденция к росту инцидентности за период 2012–2021 гг. отмечена по болезням системы кровообращения, в том числе артериальной гипертензии; хроническим бронхитам, бронхиальной астме и болезням нервной системы у взрослого населения; онкологической заболеваемости в возрастных группах населения от 15–49 лет, заболеваемости с врожденными аномалиями и хромосомными нарушениями.

С целью повышения уровня знаний населения по основным факторам риска для здоровья и альтернативным формам поведения в 2021 г. подготовлено: 354 публикации в печати, 192 выступления на телевидении, 265 выступлений на радио, информационные материалы размещены на 14 771 интернет-ресурсе. По вопросам профилактики, лечения и поддержания психического здоровья и благополучия организовано два выступления по радио, издано две публикации в печати, размещено 20 статей в интернет-пространстве.

С отчетом и прогрессом достижения показателей ЦУР за 2020 и 2021 гг. можно ознакомиться в разделе ЦУР на официальном сайте МГЦГЭ <http://www.minsksanepid.by/node/25510>.

Заключение: в городе налажена система работы по реализации показателей ЦУР. Основные направления межведомственного взаимодействия ориентированы на решение вопросов в области достижения медико-демографической устойчивости, реализации государственной политики по формированию здорового образа жизни и оздоровлению среды обитания. Роль органов власти в достижении показателей ЦУР в части повышения ответственности субъектов социально-экономической деятельности за состояние здоровья населения осуществлялась путем рассмотрения знаковых вопросов на заседаниях администраций районов г. Минска с принятием решений и реализации Планов действий по профилактике заболеваний и ФЗОЖ для достижения ЦУР.

Перспективными направлениями по достижению ЦУР на 2022 г. определено дальнейшее развитие системы укрепления и охраны здоровья населения столицы и:

- дальнейшая активизация работы всех специалистов санитарно-эпидемиологической службы г. Минска для выполнения целевых показателей ЦУР и Государственных программ;
- снижение уровня заболеваемости населения в рамках Целей № 3, 6, 7, 11;
- разработка и внедрение новых профилактических технологий;
- увеличение количества проводимых профилактических мероприятий по профилактике неинфекционной заболеваемости для достижения индикаторов управленческих решений программ достижения ЦУР;
- усиление межведомственного взаимодействия для ускорения достижения ЦУР.

### Литература

1. Яковлева, С.И. Стратегическое планирование и мониторинг устойчивого развития: опыт России и Белоруссии / С.И. Яковлева // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник. — 2019. — Вып. 2, ч. 1. — С. 183–191.

2. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН 25.09.2015 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf). — Дата доступа: 09.09.2022.

3. Архитектура управления процессом достижения ЦУР в Республике Беларусь [Электронный ресурс] // Дорожная карта Национального статистического комитета Республики Беларусь по разработке статистики по Целям устойчивого развития. — Режим доступа: [https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/SDG/Road\\_map\\_ru.pdf](https://www.belstat.gov.by/upload-belstat/upload-belstat-pdf/SDG/Road_map_ru.pdf). — Дата доступа: 09.09.2022.

4. Программы достижения Целей устойчивого развития [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tcheph.by/tseli-ustoychivogo-razvitiya/programmy-dostizheniya-tsur/>. — Дата доступа: 09.09.2022.

Поступила 12.09.2022

## Раздел 8

# ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. ТЕЗИСЫ

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО НАДЗОРА И УПРАВЛЕНИЯ В ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ

*Бортновский В.Н., к.м.н., доцент, kafog2@mail.ru*

Учреждение образования «Гомельский государственный медицинский университет»,  
г. Гомель, Республика Беларусь

По свидетельству многих авторов, форма осуществления санитарно-эпидемиологического надзора с начала 1970-х гг. исчерпала себя. В настоящее время назрела острая необходимость коренного реформирования госсанэпидслужбы. Совершенно очевидно, что невозможно специалисту санитарно-эпидемиологической службы подменить исполнительные структуры на местах, да и нет в этом необходимости. Если соответствующее должностное лицо добросовестно и умело выполняет свои функциональные обязанности, как правило, проблем с эпидблагополучием не предвидится.

Исторически сложилось так, что пренебрежение общества охраной окружающей среды вынуждало гигиеническую науку и санитарную практику бросать все силы и средства на ее изучение и защиту и меньше внимания уделять изучению и оценке здоровья населения. Эта сторона дела была отдана на откуп лечебной медицине и социальной гигиене, которая после ее разгрома в 1930-х гг. превратилась в организацию по лечебной помощи населению и учет его заболеваемости без какой-либо связи с условиями жизни. В соответствии с такими приоритетами готовились кадры гигиенистов и санитарных врачей, оценивающих факторы окружающей среды и не умеющих оценивать здоровье ни на индивидуальном, ни на популяционном уровне.

В настоящее время объективные и социальные условия изменились в благоприятную для гигиены сторону и диктуют необходимость смены ее приоритетных направлений. Дело в том, что изменения в окружающей среде и здоровье населения достигли такого предела, когда стали доступными для понимания. В результате этого начало формироваться экологическое мышление и возникло довольно мощное экологическое движение. Постепенно многие функции исследования, оценки и охраны окружающей среды отторгаются от гигиены и переходят в руки экологов. Сегодня гигиена и санитарная практика получили возможность заняться предметом своей науки, а именно здоровьем человека на индивидуальном и популяционном уровнях [Мельцер А.В., 2013].

На современном этапе требуется врач, умеющий работать не столько со средой, но главным образом с человеком, определять величину его здоровья и давать квалифицированные рекомендации по его сохранению и укреплению. Основой его деятельности должна являться организация профилактических осмотров населения, непосредственное в них участие и анализ результатов, т.е. гигиеническая донозологическая диагностика. В связи с этим он должен быть подготовлен в области диагностики не менее, а более, чем врач лечебного профиля, ибо ему надо будет распознавать не болезнь, а величину здоровья и самые начальные признаки его потери.

В этой связи нам видится необходимым сосредоточение усилий специалистов центров гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья и службы в целом на разработке следующих основных направлений, таких как:

— дальнейшее совершенствование правовых основ госсанэпиднадзора, регулирование механизмов законодательной базы, приведение ее в соответствие с последними достижениями научно-технического прогресса;

— проведение социально-гигиенического мониторинга как основы получения и обмена информацией в интересах осуществления госсанэпиднадзора, создание информационной и технической базы для его проведения. Гигиеническое обучение и воспитание как всего населения, так и декретированных контингентов. Это задача кропотливая и требует постоянных усилий на протяжении длительного периода времени. Однако, как показывает опыт, бессмысленно контролировать тех, кто не имеет специальных навыков сохранения своего и коллективного здоровья. Причем необхо-

димом акцентировать внимание на выработке у населения положительных мотиваций сохранения своего здоровья;

- донозологическая гигиеническая диагностика. Прогнозирование степени утраты индивидуального здоровья в условиях действия факторов окружающей среды;
- подготовка профессиональных кадров для госсанэпидслужбы. Проведение реформы медико-профилактического образования в соответствии с приоритетными направлениями развития профилактической медицины.

Исходя из реалий сегодняшнего дня, необходимо внести существенные коррективы в концепцию подготовки врачей для нужд профилактической медицины. Следует открыть ряд новых кафедр для медико-профилактического факультета, и прежде всего таких, как экспериментальной и клинической токсикологии, врачебно-гигиенического контроля за физической подготовкой и спортом и профилактической реабилитации здоровья, гигиенической донозологической диагностики.

На кафедрах клинического профиля для студентов по специальности «Медико-профилактическое дело» необходимо расширить разделы диагностики болезней и преморбидных состояний, усилить подготовку студентов по организации амбулаторно-поликлинического дела и использования поликлиник и амбулаторий в качестве баз для скрининговых осмотров и диагностики преморбидных состояний [Захарченко М.П., 2000].

Возможности роста эффективности профилактики должны быть увязаны с необходимостью повышения качества управления этой отраслью здравоохранения. Совершенствование управления должно идти за счет согласованных изменений в организационной структуре и процессе управления с таким расчетом, чтобы в системе профилактики было обеспечено качественное выполнение диагностической, организационной, методической, исполнительной и контрольной функций.

На городском (территориальном) и зональном уровнях целесообразно иметь подразделения по профилактике инфекционных и неинфекционных болезней. Специалисты первых профилируются по группам инфекций, вторых — либо по группам болезней, либо по социально-возрастным группам населения, либо по смешанному принципу. Основной их задачей является конкретизация программ профилактики по направлениям для обслуживаемой территории и руководство их выполнением.

На современном этапе основным является создание банка данных персонального учета инфекционных больных. Работа с ними должна строиться в режиме диалога специалистов информационных технологий. В перспективе центральным станет банк данных персонального учета населения, формируемый на основе индивидуальных «Паспортов здоровья». Создание такого банка является обязательным условием для перехода к персонифицированной профилактике во всех группах населения.

Переход на новые формы и методы управления профилактикой выдвигает проблему подготовки специалистов по неинфекционной эпидемиологии, санитарных врачей, для которых главным объектом работы будет состояние здоровья коллективов и только в связи с этим состояние объектов внешней среды. Необходим и новый тип организатора профилактической работы, владеющего современной теорией управления, экономическими методами управления и развитыми навыками организации мероприятий в различных условиях.

Поступила 09.09.2022

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ НЕТАБАЧНЫХ НИКОТИНОСОДЕРЖАЩИХ ИЗДЕЛИЙ ОРАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ**

*Николаева Е.А., [katya-nik@tut.by](mailto:katya-nik@tut.by),  
Гутич Е.А., к.м.н., [ekhutsich@gmail.com](mailto:ekhutsich@gmail.com)*

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

В последние годы на территории Республики Беларусь отмечается большое разнообразие потребительских товаров с содержанием никотина с табаком и без: электронные сигареты, электронные испарители, вэйпы, паучи, изделия с нагреваемым табаком и другие.

Широкое распространение получили нетабачные никотиносодержащие изделия орального потребления разнообразных наименований (никотиновые подушечки, паучи, ник-пэки). Нетабачные

никотиносодержащие изделия орального потребления — продукция, не относящаяся к пищевой, табачной или медицинской продукции, предназначенная для орального потребления, изготовленная с использованием ингредиентов для нетабачных никотиносодержащих изделий орального потребления и никотина или солей никотина, выпускаемая отдельными порциями в обертке (СТБ 2601–2022).

Реализуемые на территории Республики Беларусь нетабачные никотиносодержащие изделия орального потребления должны отвечать требованиям, изложенным в постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 6 января 2022 г. № 8 «Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 21 октября 2016 г. № 849». Документ включает требования в части содержания никотина в одной никотиновой подушечке и требования относительно информации, указанной на потребительской упаковке (листе-вкладыше). В соответствии с требованиями содержание никотина в одной никотиновой подушечке не должно превышать 11 мг, а маркировка потребительской и транспортной упаковки должна быть понятной, легко читаемой, достоверной и не должна вводить в заблуждение потребителя. При этом надписи, знаки, символы должны быть контрастными фону, на который нанесена маркировка.

Кроме того, разработан и действует СТБ 2601–2022 «Изделия никотиносодержащие нетабачные орального потребления. Общие технические условия», устанавливающий требования к нетабачным никотиносодержащим изделиям орального потребления, в том числе к сырью и материалам, упаковке, маркировке, включающий правила приемки и методы контроля, в том числе определение содержания никотина.

В соответствии с СТБ 2601–2022 для изготовления нетабачных никотиносодержащих изделий орального потребления применяется следующее сырье: никотин — химическое вещество с систематическим названием 3-(1-метил-2-пирролидинил)пиридин и химической формулой  $C_{10}H_{14}N_2$  с содержанием основного вещества не менее 99%; соли никотина с содержанием основного вещества не менее 99%; пищевое сырье растительного происхождения, в том числе мята перечная по ГОСТ 23768; соль пищевая по СТБ 2573; вода питьевая по СТБ 1188; пищевые добавки, в том числе глицерин (E422), пропиленгликоль (E1520), гидрокарбонат натрия (E500ii), микрокристаллическая целлюлоза (E460i), целлюлоза в порошке (E460ii), альгинат натрия (E401), ксилит (E967), сукралоза (E955), ароматизаторы. По показателям безопасности пищевое сырье, пищевые добавки и ароматизаторы, применяемые для изготовления нетабачных никотиносодержащих изделий орального потребления, должны соответствовать требованиям технического регламента Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и требованиям технического регламента Таможенного союза 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Для изготовления обертки (оболочки) применяется нетканый материал на основе вискозы, без запаха и вкуса, с поверхностной плотностью не менее 26 г/м<sup>2</sup>. Упаковка и укупорочные средства, используемые при упаковывании нетабачных никотиносодержащих изделий орального потребления, должны соответствовать требованиям к упаковке для пищевой продукции, установленным в техническом регламенте Таможенного союза 005/2011 «О безопасности упаковки».

Дополнительно к нетабачным никотиносодержащим изделиям орального потребления в соответствии с СТБ 2601–2022 предъявляются следующие требования:

— отклонения массы одной никотиновой подушечки от средней массы 20 никотиновых подушечек. Метод основан на определении массы каждой из 20 отобранных никотиновых подушечек и их средней массы с последующим определением отклонения массы конкретной никотиновой подушечки от средней массы 20 никотиновых подушечек. Не допускается наличие ни одной никотиновой подушечки с отклонением массы более 15% от средней массы 20 никотиновых подушечек;

— отклонение содержания никотина в одной никотиновой подушечке от содержания никотина в одной никотиновой подушечке, указанного на потребительской упаковке. Расчетный метод. Отклонение содержания никотина в одной никотиновой подушечке от содержания никотина в одной никотиновой подушечке, указанного на потребительской упаковке, не должно превышать 15%.

Таким образом, в Республике Беларусь сформированы подходы к оценке безопасности нетабачных никотиносодержащих изделий орального способа потребления в части применяемого сырья для их изготовления, содержания никотина в них, массы одной подушечки, маркировки потребительской и транспортной упаковки. Стоит отметить, что нетабачные никотиносодержащие изделия орального способа потребления подлежат обязательной сертификации. Следовательно, при обращении такой продукции на рынке обязательным будет наличие сертификата соответствия Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Поступила 05.08.2022

## О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТРАСЛЕВОЙ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Сычик С.И., к.м.н., доцент, [rspch@rspch.by](mailto:rspch@rspch.by),  
Дроздова Е.В., к.м.н., доцент, [drozdovaev@mail.ru](mailto:drozdovaev@mail.ru),  
Итпаева-Людчик С.Л., к.м.н., [itpaeva-ludchik@gmail.com](mailto:itpaeva-ludchik@gmail.com),  
Буневич Н.В., к.х.н., [rspch@rspch.by](mailto:rspch@rspch.by)

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск,  
Республика Беларусь

На базе республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» (далее — НПЦГ) создана отраслевая токсикологическая лаборатория в соответствии с приказом НПЦГ от 23 июня 2017 г. № 153 «О создании отраслевой токсикологической лаборатории», согласованным Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

Целью создания отраслевой токсикологической лаборатории явилось обеспечение деятельности по выполнению научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, научному сопровождению инновационных проектов по совершенствованию методологии гигиенического регламентирования, разработке регламентов химической безопасности, гигиенических нормативов и методов контроля вредных факторов среды обитания человека.

В отраслевой токсикологической лаборатории НПЦГ выполняется комплекс научно-исследовательских работ (далее — НИР), направленных на создание и совершенствование доказательной базы в области гигиены, токсикологии, медицинской профилактики и других смежных областях медицинских, биологических и химических наук; оценка риска при воздействии химических веществ на здоровье человека; разработка основополагающих нормативных правовых и технических нормативных правовых актов, инструктивных и инструктивно-методических документов в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, современных методов и методик исследований факторов среды обитания и продукции, соответствующих международным требованиям и требованиям законодательной метрологии. Успешное выполнение НИР возможно благодаря оснащению лабораторий высокоточным современным оборудованием, которое регулярно обновляется и позволяет выполнять широкий спектр исследований различных объектов. На постоянной основе высококвалифицированные специалисты различного профиля проводят экспертную оценку по всем направлениям деятельности, включая исследования по токсикологической оценке химических веществ, идентификацию и классификацию опасностей химической продукции для здоровья человека, а также участвуют в межведомственных комиссиях и рабочих группах в различных областях деятельности.

Таким образом, обладая высоким научным потенциалом и современной материально-технической базой, отраслевая токсикологическая лаборатория НПЦГ обеспечивает не только качественное выполнение поставленных задач по различным направлениям научной и научно-технической деятельности, но и апробацию, и внедрение результатов НИР в практическую деятельность органов санитарно-эпидемиологической службы, в образовательную деятельность и учебный процесс.

Реализация научно-исследовательских работ в дальнейшем позволит обосновывать и разрабатывать меры, направленные на снижение рисков заболеваний, обусловленных влиянием факторов среды обитания человека различной природы в современных условиях социально-экономического развития.

Поступила 29.09.2022

# СОДЕРЖАНИЕ

## РАЗДЕЛ 1

### ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. СТАТЬИ

*Liu Zhenyu, Bukata A.*

ANALYSIS AND INVESTIGATION OF RESEARCH METHODS ON THE EFFECTS OF AIR POLLUTION ON HUMAN HEALTH ..... 3

*Yanhui Xu, Lemiasheuski V.*

PROBLEMS AND CONTROL MEASURES OF URBAN SOIL POLLUTION IN SHANDONG PROVINCE ..... 6

*Бондарева Л.Г., Федорова Н.Е.*

НИЗКОДОЗОВОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ ..... 10

*Долгина Н.А., Цыганков В.Г., Ганькин А.Н.*

ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ, АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ, ВОДЕ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ: ОЦЕНКА УРОВНЕЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И РИСКА ЗДОРОВЬЮ ..... 14

*Дроздова Е.В., Просвирякова И.А., Пшегрода А.Е., Фираго А.В., Суrowец Т.З., Долгина Н.А.*

К ВОПРОСУ О МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К ГИГИЕНИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ С УЧЕТОМ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ПУТЕЙ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОРГАНИЗМ ..... 18

*Дроздова Е.В., Суrowец Т.З.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ ..... 22

*Ермак С.Л., Гетюк Г.В., Цейтин И.И., Крупская Д.А., Урбан Ю.Е.*

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ЗА СЧЕТ ПРИВЕДЕНИЯ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН К РЕГЛАМЕНТАМ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА Г. МИНСКА ..... 27

*Копытенкова О.И., Рябец В.В.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ..... 29

*Крийт В.Е., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В., Скляр Д.Н.*

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ..... 31

*Леонович Э.И., Скоробогатая И.В.*

КОМПЛЕКСНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА ..... 34

*Мальшева А.Г., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Кочеткова М.Г.*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ..... 37

*Никитина В.Н., Мордачев В.И.*

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ  
ПОЛЕЙ СРЕДСТВ СОТОВОЙ СВЯЗИ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ..... 40

*Новикова И.И., Савченко О.А., Огудов А.С., Одарченко И.В., Александрова Д.А., Ступа С.С.*

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ ..... 43

*Рахматуллина Л.Р., Сулейманов Р.А., Валеев Т.К., Бактыбаева З.Б.,  
Рахматуллин Н.Р., Рафиков С.Ш.*

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ,  
АССОЦИИРОВАННОГО С КАЧЕСТВОМ ВОД ИЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ, НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗВИТОЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ..... 47

*Руфкин А.В., Фелькина Н.И., Руфкина М.М.*

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД КАК ОДНО ИЗ ОСНОВНЫХ  
КОРРЕКТИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО НАДЗОРА ..... 49

*Савченко О.А., Новикова И.И., Чуенко Н.Ф., Александрова Д.А., Одарченко И.В.*

РИСКОМЕТРЫ СТАРЕНИЯ ..... 52

*Степанян А.А., Исаев Д.С., Еремин Г.Б., Мозжухина Н.А.*

КАЧЕСТВО ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ  
ОБЛАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ИСТОЧНИКАМИ  
ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ..... 56

*Суровец Т.З., Дроздова Е.В., Просвирякова И.А., Фираго А.В.*

К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ  
ГИГИЕНИЧЕСКОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОГО  
И РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ЦВЕТЕНИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .... 60

*Фираго А.В., Дроздова Е.В., Цимберова Е.И., Дребенкова И.В., Велентей Ю.Н., Суровец Т.З.*

ОЦЕНКА РИСКА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ПОСТУПЛЕНИИ БАРИЯ В ОРГАНИЗМ КАК  
ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ АКТУАЛИЗАЦИИ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМАТИВА  
БАРИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ..... 63

*Челакова Ю.А., Долгих О.В.*

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОЙ РЕГУЛЯЦИИ ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО  
НАСЕЛЕНИЯ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА ..... 67

*Шинкарев С.П.*

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ  
ВЕЩЕСТВ (НИТРАТОВ), ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПИТЬЕВУЮ ВОДУ ШАХТНЫХ  
КОЛОДЦЕВ, НА ПРИМЕРЕ БОБРУЙСКОГО РАЙОНА ЗА ПЕРИОД 2007–2021 ГГ. .... 70

*Юдин А.С., Ступа С.С., Огудов А.С., Чуенко Н.Ф., Белова А.С.*

ПРИМЕНЕНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ  
КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ..... 75

**РАЗДЕЛ 1**  
**ФАКТОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АНАЛИЗ РИСКА ЗДОРОВЬЮ. ТЕЗИСЫ**

---

*Zavtoni M.N.*

ASSESSMENT OF THE RISK OF DISEASE CONDITIONED BY THE INCORPORATION OF PESTICIDES ..... 79

*Zavtoni M.N., Bernic V.P., Miron I.I.*

WATER SAFETY IN RELATION TO PESTICIDE USE IN THE REPUBLIC OF MOLDOVA ..... 79

*Гриценко Т.Д., Просвирякова И.А., Пшегрода А.Е., Соколов С.М.*

ВЫБОР РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ..... 81

*Емельянова О.А., Дудчик Н.В., Жабровская А.И., Казак А.В., Симончик Л.В.*

ОЦЕНКА АНТИМИКРОБНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ..... 83

*Жабровская А.И., Дудчик Н.В., Емельянова О.А.*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОЗДУХЕ ПОМЕЩЕНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ..... 84

*Никитина В.Н., Ляшко Г.Г., Калинина Н.И., Дубровская Е.Н., Плеханов В.П.*

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ МИКРОВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА ..... 85

*Просвирякова И.А., Гриценко Т.Д., Пшегрода А.Е.*

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕЛКОДИСПЕРСНЫМИ ТВЕРДЫМИ ЧАСТИЦАМИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЕВ СМЕРТНОСТИ (ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ) НАСЕЛЕНИЯ ..... 86

*Пыж А.Э., Митюкова Т.А., Рудниченко Ю.А., Полулях О.А.*

ВЛИЯНИЕ ДИЕТ-ИНДУЦИРОВАННОГО ОЖИРЕНИЯ НА МИКРОФЛОРУ КИШЕЧНИКА И СПОСОБЫ ЕГО КОРРЕКЦИИ ..... 87

*Рубцова Н.Б., Белая О.В., Токарский А.Ю., Шпиньков В.И.*

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТАЮЩИХ И НАСЕЛЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ..... 88

*Шибанов С.Э.*

МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В КРЫМУ ..... 90

*Ширяева Д.М., Минаева Н.В.*

ПЫЛЬЦА РАСТЕНИЙ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ..... 91

*Шукевич В.А., Кондрескул И.В., Далакишвили И.А.*

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ БОТУЛИЗМОМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ЗА ПЕРИОД 2013–2022 ГГ.: ПРИЧИНЫ И ПРОФИЛАКТИКА ..... 92

## **РАЗДЕЛ 2 РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. СТАТЬИ**

---

*Гацкевич Г.В.*

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАЦИОНАРНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ  
РАДИАЦИОННОГО ОБЪЕКТА ..... 95

*Дюбкова-Жерносек Т.П.*

ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТОВ ПУТЕМ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ ..... 97

*Жукова О.М., Кляус В.В., Николаенко Е.В., Попова Е.Н., Трусов А.В., Шайбак А.М.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ  
РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ  
РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ ..... 101

*Кляус В.В., Николаенко Е.В., Елизарова Н.В.*

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА,  
ПРОВОДИМОГО УЧРЕЖДЕНИЯМИ ГОСУДАРСТВЕННОГО САНИТАРНОГО  
НАДЗОРА В БРАСЛАВСКОМ И ОСТРОВЕЦКОМ РАЙОНАХ ..... 104

*Липницкий Л.В., Нечай С.В., Устименко М.В., Кирдун Е.В.*

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ  
РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ И РАДИОНУКЛИДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 108

*Оверченко А.В., Корецкая Л.С.*

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ  
ИНФОРМИРОВАННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ О РИСКЕ ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ  
В РЕСПУБЛИКЕ МОЛДОВА ..... 110

## **РАЗДЕЛ 2 РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. ТЕЗИСЫ**

---

*Аветисов А.Р.*

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДОЗ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ  
ЛУНИНЕЦКОГО РАЙОНА БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 114

*Библин А.М., Храпцов Е.В., Репин В.С., Иванов С.А., Варфоломеева К.В., Седнев К.А.*

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ  
ПРОВЕДЕНИЯ МИРНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА «ПИРИТ» В НЕНЕЦКОМ  
АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ ..... 115

*Веялкин И.В., Дрозд Е.А., Никонович С.Н.*

ОЦЕНКА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО  
ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР  
(В ДИНАМИКЕ) ..... 116

*Веялкин И.В., Дрозд Е.А., Никонович С.Н.*

ОЦЕНКА НАКОПЛЕННЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ  
В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР, ЗА ВЕСЬ ПЕРИОД ВОЗДЕЙСТВИЯ ..... 117

*Гусейнова Д.И., Жукова О.М.*

О НЕОБХОДИМОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ  
РАДИОНУКЛИДОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ ..... 119

*Дрозд Е. А., Веялкин И. В., Никонович С. Н.*

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННЫХ ПОГЛОЩЕННЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ  
ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И НАКОПЛЕННЫХ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ  
КРАСНОГО КОСТНОГО МОЗГА У ЛИЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
РЕГИСТР ..... 121

*Жукова О. М., Кляус В. В., Николаенко Е. В., Попова Е. Н.*

ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ,  
ОСУЩЕСТВЛЯЕМОГО В РАМКАХ АВАРИЙНОГО РАДИАЦИОННОГО  
МОНИТОРИНГА В МЕСТАХ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ..... 122

*Кляус В. В., Жукова О. М., Бабич Е. А.*

КРИТЕРИИ ВЫБОРА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ  
ИГНАЛИНСКОЙ АЭС ..... 124

*Микрюкова Л. Д.*

О ФАКТОРАХ РИСКА КАТАРАКТЫ У ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ХРОНИЧЕСКОМУ  
РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ..... 126

*Николаенко Е. В., Кляус В. В., Жукова О. М.*

ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОВЕДЕНИЕ АВАРИЙНОГО РАДИАЦИОННОГО  
МОНИТОРИНГА ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ АВАРИЯХ  
НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ ..... 127

*Николаенко Е. В., Роздяловская Л. Ф., Елизарова Н. В.*

ГРАНИЧНЫЕ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ И МАКСИМАЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ РИСКИ  
ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
БЕЛОРУССКОЙ АЭС ..... 128

*Никонович С. Н., Веялкин И. В., Дрозд Е. А.*

ОЦЕНКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В 1986 Г. У ЛИЦ,  
ВКЛЮЧЕННЫХ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИСТР ..... 130

*Попова Е. Н., Жукова О. М.*

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
В 100-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ СМОЛЕНСКОЙ АЭС ..... 131

*Репин Л. В., Библин А. М., Ахматдинов Р. Р.*

О ПРИКЛАДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ РАДИАЦИОННОГО УЩЕРБА ..... 133

*Роздяловская Л. Ф., Николаенко Е. В., Елизарова Н. В.*

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОЙ  
ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛА БЕЛОРУССКОЙ АЭС НА ОСНОВЕ ДАННЫХ  
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ..... 134

*Роздяловская Л. Ф., Николаенко Е. В., Елизарова Н. В., Кочергина Н. С.*

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА МЕДИЦИНСКИХ  
УЧРЕЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2019–2022 ГГ. .... 136

*Сосновский А. В.*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ МИНСКОЙ  
И БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТЕЙ ЗА СЧЕТ РАДОНА В ВОЗДУХЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ..... 138

*Стожаров А. Н., Хрусталева В. В.*

ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПОСЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ..... 139

*Толстых Е. И., Дегтева М. О., Возилова А. В., Аклеев А. В.*

МОДЕЛЬ ОБЛУЧЕНИЯ Т-ЛИМФОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА С УЧЕТОМ ОБЛУЧЕНИЯ  
ПРОГЕНИТОРОВ И ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ Т-КЛЕТОК, ПЕРСПЕКТИВЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ ..... 140

### **РАЗДЕЛ 3**

#### **МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. СТАТЬИ**

---

*Абенова А. Б., Раушанова А. М., Винников Д. В.*

РЕСПИРАТОРНЫЕ ЖАЛОБЫ РАБОТНИКОВ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ГОРОДЕ АЛМАТЫ ..... 143

*Бабанов С. А., Острякова Н. А.*

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ВЫГОРАНИЕ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В ПЕРИОД  
ПАНДЕМИИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 ..... 145

*Баслык А. Ю., Итпаева-Людчик С. Л., Коноплянко В. А.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗОНЫ ЗРИТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ..... 148

*Бетц К. В.*

КАНЦЕРОГЕННЫЙ РИСК КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ: КОГОРТНОЕ  
ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕРТНОСТИ КОСМОНАВТОВ ..... 150

*Будаш Д. С., Безшанова А. Е.*

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ: ОЦЕНКА  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ МАРКЕРОВ ..... 154

*Бумай О. К., Воронкова С. В., Малинина С. В., Торшин Г. С.*

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ САНИТАРНО-  
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К УСЛОВИЯМ ТРУДА ВОДОЛАЗОВ ..... 156

*Воронкова С. В., Левкина Е. В., Грабский Ю. В., Иванов О. С.*

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ МЕДИКО-САНИТАРНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРСОНАЛА  
ПРЕДПРИЯТИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ..... 160

*Гимаева З. Ф., Каримова Л. К., Бейгул Н. А., Галимова Р. Р., Мулдашева Н. А., Маврина Л. Н.*

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СТРЕСС-ФАКТОРЫ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ  
ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОВОЛОКНА ..... 163

*Гимранова Г. Г., Шайхлисламова Э. Р., Волгарева А. Д., Бейгул Н. А., Масягутова Л. М.*

ПРОФИЛАКТИКА НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ У РАБОТНИКОВ  
НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ..... 165

*Грибок Т. А., Зинкевич Л. Ф.*

СОСТОЯНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ ... 168

*Григорьева Т. В., Григорьев Н. С.*

КОРПОРАТИВНЫЕ ПРОГРАММЫ УКРЕПЛЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ:  
ОТ МОДЕЛЬНЫХ К АДРЕСНЫМ ..... 171

*Дмитриева Е. В., Калинина С. А., Меркулова А. Г., Закревская А. А.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ У ВОДИТЕЛЕЙ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И ВОЗРАСТА ..... 175

<i>Жеглова А.В.</i>	
АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ РАДИКУЛОПАТИИ ..	177
<i>Зеленко А.В., Семушина Е.А., Толкач С.Н.</i>	
ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ВОЛОНТЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ МАСОК .....	180
<i>Капцов В.А., Панкова В.Б., Чиркин А.В.</i>	
ПРОБЛЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА И ВОЗДУШНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ .....	184
<i>Карпушина А.В., Хотулева А.Г.</i>	
ОЦЕНКА КЛИНИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ МАРКЕРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА У МАШИНИСТОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ГУП «МОСКОВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН» ..	187
<i>Кислякова А.А., Хотулева А.Г.</i>	
ОЦЕНКА ГОРМОНАЛЬНО-МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ .....	191
<i>Клебанов Р.Д., Гутич Е.А., Мадекша И.В., Коноплянко В.А.</i>	
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА ПРИ ИНТЕРМИТТИРУЮЩЕМ ВЛИЯНИИ ЕГО ПОКАЗАТЕЛЕЙ .....	196
<i>Клебанов Р.Д., Кудрейко Н.П., Лаптев С.В., Коноплянко В.А., Мадекша И.В.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ С ВРЕМЕННОЙ НЕТРУДОСПОСОБНОСТЬЮ РАБОТНИКОВ РАЗНЫХ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА .....	200
<i>Климкина К.В., Лапко И.В.</i>	
НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ОСТЕОПЕНИЧЕСКОМ СИНДРОМЕ У ГОРНОРАБОЧИХ .....	205
<i>Косяченко Г.Е., Шевляков В.В., Итпаева-Людчик С.Л., Богданов Р.В.</i>	
СТАНОВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГИГИЕНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ ТОКСИКОЛОГИИ .....	207
<i>Куприна Н.И., Никанов А.Н.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ДОППЛЕРОВСКОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ АРТЕРИЙ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ВИБРАЦИОННОЙ БОЛЕЗНИ ВТОРОЙ СТАДИИ .....	214
<i>Лагутина А.П., Хотулева А.Г.</i>	
НЕЙРОТОКСИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНЦА ПРИ МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ .....	216
<i>Лисок Е.С.</i>	
ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЦИТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СРЕДИ РАБОТНИКОВ ОРГАНИЗАЦИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЗАНЯТЫХ ВО ВРЕДНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА .....	220
<i>Логинова Н.Н., Бойко И.В., Гребеньков С.В., Балунов В.Д., Колесникова В.А.</i>	
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИНЕВРОПАТИИ У РАБОТНИЦ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ЖИВОТНОВОДСТВА .....	224

<i>Панкова В.Б., Вильк М.Ф., Федина И.Н.</i> АКТУАЛИЗИРОВАННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОФОТБОРУ И ПРОФПРИГОДНОСТИ ПО СОСТОЯНИЮ ЛОР-ОРГАНОВ .....	227
<i>Петрухин Н.Н., Никанов А.Н., Бойко И.В.</i> ЗНАЧЕНИЕ И СПЕЦИФИКА РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ У РАБОТНИКОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ С ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ .....	230
<i>Преображенская Е.А., Сухова А.В.</i> МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ И ПРОФИЛАКТИКЕ ПОТЕРИ СЛУХА, ВЫЗВАННОЙ ШУМОМ .....	233
<i>Прокопенко Л.В., Лагутина А.В., Курьеров Н.Н., Почтарева Е.С.</i> К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КРИТЕРИЕВ И КЛАССИФИКАЦИИ УСЛОВИЙ ТРУДА ПО БИОЛОГИЧЕСКОМУ ФАКТОРУ .....	236
<i>Семёнов И.П., Постарнаков Т.Д.</i> ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНЕЙ СТРУКТУРЫ СЛУЧАЕВ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БОЛЕЗНЕЙ РАБОТАЮЩИХ И СЛУЖАЩИХ МИНСКА .....	240
<i>Скавронская М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У СТАЖИРОВАННЫХ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .....	242
<i>Скавронская М.В., Федина И.Н., Большакова В.А.</i> ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФПРИГОДНОСТИ РАБОТНИКОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	246
<i>Соболевская О.В., Черепов В.М.</i> ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ РАБОТАЮЩИХ НА КРУПНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ .....	248
<i>Соловьева И.В., Кравцов А.В., Арбузов И.В., Баслык А.Ю.</i> МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ .....	251
<i>Солтан М.М., Хейфец Н.Е., Хейфец Е.Н., Макаревич К.С.</i> РИСКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	254
<i>Страхова Л.А., Блинова Т.В., Иванова Ю.В., Колесов С.А.</i> УРОВЕНЬ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У РАБОТАЮЩИХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ВРЕДНОГО ФАКТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ .....	258
<i>Трошин В.В., Рудой М.Д., Верещагин И.В.</i> ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЛЕГКИХ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ КОВИД-19 .....	262
<i>Умнягина И.А., Колесов С.А.</i> НИЖЕГОРОДСКИЙ НИИ ГИГИЕНЫ И ПРОФПАТОЛОГИИ РОСПОТРЕБНАДЗОРА — ОДИН ИЗ СТАРЕЙШИХ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НИИ РОССИИ .....	264
<i>Устьянцев С.Л.</i> ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН ВОСПРОИЗВОДСТВА ПРИБАВОЧНОЙ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ НА СЛУЖБЕ ДОСТИЖЕНИЮ АКТИВНОГО ДОЛГОЛЕТИЯ .....	268

*Фесенко М.А., Голованева Г.В., Вуйцик П.А., Комарова С.В., Мителева Т.Ю., Федосеева Е.В.*  
К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ,  
РЕГУЛИРУЮЩИХ ТРУД ЖЕНЩИН ..... 273

*Шевляков В.В., Эрм Г.И., Баранов С.А.*  
МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ ИЗ ОБРАЗЦОВ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЧЕСКОЙ ПЫЛИ ЭКСТРАКТОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ  
ДИАГНОСТИКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АЛЛЕРГОПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ ..... 276

*Шиган Е.Е.*  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
КОМПЕТЕНЦИЙ ВРАЧА-ПРОФПАТОЛОГА ..... 280

*Щетинина А.А.*  
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ  
ПОРАЖЕНИЙ ПЛЕЧА У ГОРНОРАБОЧИХ ..... 284

### **РАЗДЕЛ 3** **МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ. ТЕЗИСЫ**

---

*Ulanovskaya E. V.*  
ULTRASOUND EXAMINATION METHOD IN EARLY DIAGNOSIS  
OF THE OCCUPATIONAL UPPER EXTREMITIES VESSELS PATHOLOGY IN POWER  
ENGINEERING WORKERS ..... 287

*Аманбекова А.У., Отарбаева М.Б., Гребенева О.В., Шадетова А.Ж., Акынжанова С.А.,  
Алексеев А.В., Русяев М.В.*  
ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ COVID-19 СРЕДИ МЕДИЦИНСКИХ  
РАБОТНИКОВ ..... 289

*Бачинский О.Н., Лукашов А.А.*  
АНАЛИЗ КЛИНИЧЕСКИХ ПРОЯВЛЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 290

*Бачинский О.Н., Лукашов А.А.*  
ПРОБЛЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ  
НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 291

*Бояринова Н.В., Вагапова Д.М., Миронова Г.Р., Гирфанова Л.В., Мадьярова Л.Р.*  
АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ..... 292

*Булгакова М.В., Непершина О.П., Николаев С.П., Хахилева О.О.*  
ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ И СИСТЕМА  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРАКТИКЕ ВРАЧА-ПРОФПАТОЛОГА ..... 293

*Васильева М.С., Рахимзянов А.Р., Фаизова Ю.М.*  
УСЛОВИЯ ТРУДА У РАБОТНИКОВ КРУПНОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН С УСТАНОВЛЕННЫМ ДИАГНОЗОМ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ ЗА 2019–2021 ГГ. .... 295

*Глухов Д.В., Герасимиди С.К., Сапрыкина П.Д.*  
ПРОЯВЛЕНИЯ СИМПТОМОВ ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА У РАБОТНИКОВ  
ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД ..... 296

<i>Золотухина Е. В., Паначева Л. А., Шпагина Л. А.</i> КЛИНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19 И ПОСТКОВИДНОГО СИНДРОМА У ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ .....	298
<i>Исмаилова А. А., Мусина А. А., Султанбеков З. К., Сулейменова Р. К.</i> РАЗРАБОТКА БЕЗОПАСНОГО СТАЖА РАБОТЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАЗАХСТАНА С ПОЗИЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ .....	299
<i>Казеннов А. Е., Серебряков П. В., Хачатрян К. В.</i> КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА У РАБОЧИХ ПЫЛЕВЫХ ПРОФЕССИЙ .....	301
<i>Курбангалеева Р. Ш., Вагапова Д. М., Хафизова А. С., Рафикова Л. А.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА РАЗВИТИЯ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДУПЛЕКСНОГО СКАНИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ ГОЛОВЫ .....	302
<i>Лагутина Г. Н., Сааркопель Л. М., Непершина О. П.</i> ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДОРСОПАТИЙ .....	303
<i>Ланко И. В.</i> ОЦЕНКА РИСКА МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СИНДРОМА И ОЖИРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИИ И ФИЗИЧЕСКИХ ПЕРЕГРУЗОК .....	305
<i>Макарова-Землянская Е. Н., Дремин А. И.</i> ОЦЕНКА ШУНТИРУЮЩИХ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЭП-4(0) НА КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА .....	307
<i>Перов С. Ю., Сажина М. В., Коньшина Т. А.</i> ОЦЕНКА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАБОТАХ НА ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ НАПРЯЖЕНИЕМ 500 КВ .....	308
<i>Серебряков П. В., Шиган Е. Е., Панкова В. Б., Новожилова В. С.</i> COVID-19 В СТРУКТУРЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В 2020–2021 ГГ. ....	310
<i>Сериков В. В., Юшкова О. И., Капустина А. В.</i> ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА У РАБОТНИКОВ СОВРЕМЕННЫХ ВИДОВ ТРУДА .....	311
<i>Синякова О. К., Щербинская Е. С., Мадекша И. В.</i> МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ МАСОК С УЧАСТИЕМ ВОЛОНТЕРОВ .....	313
<i>Смагулов Н. К.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ РИСКОМ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ .....	314
<i>Хахилева О. О., Булгакова М. В.</i> МЕДИКО-СОЦИАЛЬНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ НАРУШЕНИЙ СЛУХА И МЕТОДЫ ИХ КОРРЕКЦИИ У РАБОТАЮЩИХ ВО ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ТРУДА .....	315

*Хачатрян К. В., Казеннов А. Е., Серебряков П. В.*

ЛИПИДНЫЙ ОБМЕН И ЖЕСТКОСТЬ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ  
У СТАЖИРОВАННЫХ РАБОТНИКОВ ПЫЛЕОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ ..... 317

*Чайковская М. А., Марковский В. О., Корсакова В. И.*

СИНДРОМ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У МЕДИЦИНСКОГО ПЕРСОНАЛА ..... 318

*Шайхлисламова Э. Р., Каримова Л. К., Бейгул Н. А., Мулдашева Н. А., Фагамова А. З.,  
Шаповал И. В., Ларионова Э. А.*

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА НАРУШЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ  
РАБОТНИКОВ, ЗАНЯТЫХ ДОБЫЧЕЙ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД ..... 319

*Шевляков В. В., Барановская Т. В., Иванова Ж. С., Баранов С. А., Эрм Г. И.*

ЭТИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
АЛЛЕРГОПАТОЛОГИИ У РАБОТНИЦЫ ПТИЦЕФАБРИКИ ..... 321

*Шеенкова М. В., Павлюк О. А.*

АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ РИСКА НА РАЗВИТИЕ  
ОЖИРЕНИЯ У РАБОТНИКОВ ПЫЛЕОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ..... 323

#### **РАЗДЕЛ 4**

#### **ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. СТАТЬИ**

---

*Аликина И. Н., Долгих О. В.*

ИММУННЫЙ ПРОФИЛЬ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ С ДИСФУНКЦИЕЙ  
ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ЭКСПОЗИЦИИ ФЕНОЛОМ ..... 325

*Борисова Т. С., Самохина Н. В., Кушнерук А. В.*

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОПУТСТВУЮЩИХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ  
СО СКОЛИОЗОМ ..... 327

*Волох Е. В., Гиндюк А. В.*

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ У ПОДРОСТКОВ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ  
ГИПЕРАКТИВНОСТИ И ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ ..... 329

*Карпович Н. В., Грекова Н. А., Полянская Ю. Н., Пронина Т. Н.*

ДИНАМИКА СОМАТОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО  
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ..... 332

*Лангуев К. А., Богомолова Е. С.*

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БЕЗОПАСНОМУ ОБУЧЕНИЮ УЧАЩИХСЯ  
В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ..... 334

*Михайлова Л. А., Барановская Н. В., Бондаревич Е. А., Нимаева Б. В.*

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО ГОМЕОСТАЗА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ  
ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА ..... 337

*Мильникова И. В., Ефимова Н. В., Кудаев А. Н.*

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ  
ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ..... 340

*Нечай С. В., Булай А. А., Петерсон Н. Л., Богданова М. А.*

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ АНКЕТИРОВАНИЯ ВЗРОСЛОГО И ДЕТСКОГО  
НАСЕЛЕНИЯ ПО ВОПРОСАМ ПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТЬЮ ИНТЕРНЕТ ..... 343

<i>Пронина Т.Н.</i> МАРКЕТИНГ ТАБАКА И ОТНОШЕНИЕ К КУРЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	346
<i>Храмцов П.И., Храмцова С.Н.</i> ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА .....	350
<i>Храмцова С.Н., Услистая-Рыбченко А.К.</i> КОНТРОЛЬ ЗА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ И ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИЕЙ ДЕТЕЙ 6–7 ЛЕТ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПЛАВАНИЮ .....	352
<i>Чуенко Н.Ф., Новиков Е.А.</i> ВЛИЯНИЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ .....	355
<i>Ширинкина А.С., Долгих О.В.</i> ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ КОНТАМИНАЦИИ БИОСРЕД МЕТАЛЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ АЛЮМИНИЯ) .....	358

#### **РАЗДЕЛ 4 ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ. ТЕЗИСЫ**

---

<i>Выборная К.В., Семенов М.М., Раджабкადиев Р.М., Соколов А.И.</i> ОСОБЕННОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ-СПОРТСМЕНОВ (НА ПРИМЕРЕ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ) .....	361
<i>Девяткова Е.А., Минаева Н.В.</i> КУРЕНИЕ И РЕСПИРАТОРНЫЕ АЛЛЕРГИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ .....	362
<i>Мусина А.А., Сулейменова Р.К., Амирсеитова Ф.Т.</i> ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ РИСКА ПОГРАНИЧНЫХ НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ У ШКОЛЬНИКОВ Г. АСТАНА .....	363
<i>Пырьева Е.А., Сафронова А.И., Гмошинская М.В., Нетунаева Е.А., Алешина И.В.</i> ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ОЖИРЕНИЯ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ .....	365
<i>Сафронова А.И., Гмошинская М.В., Тимошина М.И.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ .....	366

#### **РАЗДЕЛ 5 ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. СТАТЬИ**

---

<i>Богданова О.Г., Молчанова О.А.</i> АНАЛИЗ РИСКА ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННОГО КОНТАМИНАЦИЕЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ .....	367
<i>Дурманова С.А., Цемборевич Н.В.</i> МАРКИРОВКА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЗДОРОВЬЮ, АССОЦИИРОВАННЫМ С КОНТАМИНАЦИЕЙ ИНГРЕДИЕНТАМИ, ОБЛАДАЮЩИМИ АЛЛЕРГЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ .....	370

*Дюбкова-Жерносек Т.П.*

АНАЛИЗ ЖИРОВОГО КОМПОНЕНТА РАЦИОНА СТУДЕНТОВ  
С ПОЗИЦИЙ РИСКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ..... 373

*Лукьянчик И.Д., Петручик Е.С.*

ЭФФЕКТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПИЩЕВОГО КРАСИТЕЛЯ  
ТАРТРАЗИНА И ВИТАМИНА С НА *DROSOPHILA MELANOGASTER L.* ..... 375

*Оганесян А.С., Бегларян М.Р., Степанян С.А.*

ОЦЕНКА ПРЕДЕЛА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ  
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ  
В АРМЕНИИ ..... 378

*Осипова Т.С., Бондарук А.М., Цыганков В.Г., Чеботкова Д.В., Велентей Ю.Н.,  
Журихина Л.Н., Свинтилова Т.Н.*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ ОЦЕНКЕ  
ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ, КОНТАКТИРУЮЩИХ  
С ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИЕЙ ..... 382

*Пипоян Д., Бегларян М., Степанян С.*

АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И ПИЩЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЖЕЛЕЗА  
ДЛЯ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ АРМЕНИИ ..... 385

*Руфкин А.В., Фелькина Н.И., Руфкина М.М.*

ПИТАНИЕ КАК ФАКТОР РИСКА РАЗВИТИЯ  
НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ..... 388

*Руфкина М.М., Романчук Г.В., Руфкин А.В., Ковшик Л.П.*

ПРОФИЛАКТИКА ЙОДОДЕФИЦИТНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У НАСЕЛЕНИЯ  
НА ТЕРРИТОРИИ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 392

*Свинтилова Т.Н., Журихина Л.Н., Бондарук А.М., Цыганков В.Г., Осипова Т.С.*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ ПЕПТИДОВ МОЛОКА В  $\beta$ - И  $\gamma$ -ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *TETRANUMENA PYRIFORMIS* ..... 394

*Сперанская В.Г., Федоренко Е.В., Журихина Л.Н.*

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЗДОРОВЬЮ,  
АССОЦИИРОВАННЫМ С НАЛИЧИЕМ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ  
АНТИБИОТИКОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ..... 397

*Федоренко Д.А., Кулагина Д.А., Федоренко Е.В., Цемборевич Н.В.*

РЕКЛАМА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ В ИНТЕРНЕТЕ КАК СОЦИАЛЬНО-  
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ..... 400

*Чалый З.А., Соколов И.Е., Седова И.Б., Тутельян В.А.*

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ТРАВЯНЫХ НАПИТКОВ  
ШИРОКИМ СПЕКТРОМ МИКОТОКСИНОВ ..... 403

*Чаховский П.А., Зайцев В.А., Черник Д.В., Кузовкова А.А.*

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ  
В БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВКАХ К ПИЩЕ  
ИЗ ПАНТОВ И КРОВИ МАРАЛА: ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ  
МАРКИРОВКЕ И БЕЗОПАСНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ..... 406

## РАЗДЕЛ 5 ГИГИЕНА ПИТАНИЯ. ТЕЗИСЫ

---

- Бебых В.П., Лазакович Д.В., Берник И.П.*  
ФТАЛАТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ..... 409
- Борисевич Я.Н.*  
ВОЗРАСТНЫЕ И ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ТЕЛА ЮНЫХ  
СПОРТСМЕНОВ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА ..... 410
- Дурманова С.А., Цемборевич Н.В.*  
ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И МЕТОДАХ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ  
ПРИОРИТЕТНЫХ АЛЛЕРГЕНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ..... 411
- Емельяшников Е.Е., Макарова С.Г.*  
ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И СОСТАВА ТЕЛА ДЕТЕЙ С ТЯЖЕЛОЙ  
ФОРМОЙ АТОПИЧЕСКОГО ДЕРМАТИТА И ПИЩЕВОЙ АЛЛЕРГИЕЙ ..... 413
- Каплиева М.П.*  
ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЛЮДЕЙ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА ..... 413
- Кобелькова И.В., Коростелева М.М.*  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОТОНИЧЕСКИХ НАПИТКОВ ХОККЕИСТАМИ ..... 414
- Коростелева М.М., Кобелькова И.В.*  
ЧАСТОТА ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ  
СПОРТСМЕНАМИ-ХОККЕИСТАМИ ..... 415
- Крючкова Е.Н.*  
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПИЩЕВОГО ПРОДУКТА  
В ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ ..... 416
- Лайтер Д.Н., Потапенко Л.И., Шпаковский И.И.*  
ИЗУЧЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА  
Г. БОБРУЙСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ЧАСТОТЫ  
ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ В РАМКАХ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТА «ГРАДУС ЖИЗНИ 100+» ..... 417
- Мусабиров Д.Э., Афонькина С.Р., Фазлыева А.С., Курилов М.В., Аухадиева Э.А., Зеленковская Е.Е.*  
АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ И САХАРА В ВИНОДЕЛЬЧЕСКОЙ  
ПРОДУКЦИИ В Г. УФА ЗА ПЕРИОД 2019–2021 ГГ. .... 419
- Пронина И.Ю., Макарова С.Г., Мурашкин Н.Н., Семикина Е.Л., Аникин А.В.*  
СТАТУС ВИТАМИНА D И СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО И КОСТНОГО ОБМЕНА  
У ДЕТЕЙ С ДИСТРОФИЧЕСКОЙ ФОРМОЙ ВРОЖДЕННОГО БУЛЛЕЗНОГО  
ЭПИДЕРМОЛИЗА: РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ДОЗИРОВАНИЯ  
КОЛЕКАЛЬЦИФЕРОЛА ..... 421
- Просвирякова И.А., Пшегрода А.Е., Гриценко Т.Д.*  
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ  
ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ (НЕСШАТНЫХ) СИТУАЦИЙ  
НА СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ..... 422
- Пырьева Е.А., Георгиева О.В.*  
ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ «ГОТОВЫХ» БЛЮД  
В РАЦИОНЕ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ..... 423

## РАЗДЕЛ 6

### ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ. СТАТЬИ

---

*Богданов Р.В., Чернышова Е.В., Земцова В.О., Занкевич В.А., Табелева Н.Н.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ  
АМЛОДИПИНА БЕСИЛАТ ..... 425

*Власенко Е.К., Гапанович В.Н., Бердина Е.Л., Васильева Е.Н., Кизино Т.Ф., Елисеенко А.Н.,  
Бартош М.А., Карпенко Е.А., Потапова О.А., Мельник Д.К.*

ИЗУЧЕНИЕ ОСТРОЙ И СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ МЕТОКЛОПРАМИД НА ЛАБОРАТОРНЫХ  
ЖИВОТНЫХ ПРИ ВНУТРИЖЕЛУДОЧНОМ И ИНГАЛЯЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ..... 428

*Власенко Е.К., Гапанович В.Н., Андреев С.В., Парахня Е.В., Елисеенко А.Н., Лейкина В.Д.*

ХАРАКТЕРИСТИКА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ СУМАТРИПТАНА  
СУКЦИНАТ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСТРОЙ И СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ..... 432

*Гапанович В.Н., Андреев С.В., Власенко Е.К., Усова В.С., Бердина Е.Л., Кизино Т.Ф.,  
Климович О.М., Васильева Е.Н., Парахня Е.В.*

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ  
СУБСТАНЦИИ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА ГЕМИГИДРАТ В ОСТРЫХ ОПЫТАХ  
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПУТЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ  
В ОРГАНИЗМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ ..... 436

*Грынчак В.А., Лисовская Г.В., Деменкова Т.В., Протасевич У.С.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СУБХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ НОВОГО  
ИНЪЕКЦИОННОГО ИМПЛАНТАТА НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНАТА НАТРИЯ  
И ПОЛИНУКЛЕОТИДОВ ..... 441

*Епишина Т.М., Чхвиркия Е.Г.*

ИЗУЧЕНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОДУКТА,  
ПРОИЗВОДНОГО ИЗ КЛАССА ФЕНИЛПИРРОЛОВ ..... 445

*Земцова В.О., Богданов Р.В., Шевляков В.В.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ СУБСТАНЦИИ КЛИНДАМИЦИНА ГИДРОХЛОРИДА ..... 447

*Ильюкова И.И., Иода В.И., Юркевич Е.С., Клочкова О.П., Камлюк С.Н.*

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА,  
ОБУСЛОВЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ОБРАБОТКАХ  
БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ ..... 450

*Камлюк С.Н., Ильюкова И.И., Анисович М.В., Петрова С.Ю., Гомолко Т.Н., Иода В.И.*

УСТАНОВЛЕНИЕ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА  
СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ «ТОКСИЧНОСТЬ»  
И «ЭКОТОКСИЧНОСТЬ» ..... 453

*Лапто Л.Г., Грынчак В.А.*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДИИЗОНОНИЛФТАЛАТА  
И ДИИЗОДЕЦИЛФТАЛАТА В СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ..... 457

*Петрова С.Ю., Ильюкова И.И., Гомолко Т.Н.*  
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ,  
АССОЦИИРОВАННОГО С КОМПЛЕКСНЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ ПАРАБЕНОВ  
В ОРГАНИЗМ ..... 461

*Петрова С.Ю., Ильюкова И.И., Гомолко Т.Н., Камлюк С.Н.*  
ИДЕНТИФИКАЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ОПАСНЫХ  
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ СВОЙСТВ ДИУРОНА ..... 464

*Тимашева Г.В., Репина Э.Ф., Хуснутдинова Н.Ю., Каримов Д.О., Смолянкин Д.А., Байгильдин С.С.*  
ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА ПИРИМИДИНОВОГО РЯДА  
ПРИ ОСТРОМ ТОКСИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕЧЕНИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ..... 466

*Юркевич Е.С., Ильюкова И.И., Клочкова О.П., Иода В.И.*  
КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РЕЛЕВАНТНЫХ ПРИМЕСЕЙ  
В ПЕСТИЦИДАХ-ДЖЕНЕРИКАХ ..... 469

## **РАЗДЕЛ 6** **ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ.** **ТЕЗИСЫ**

---

*Богданова А.В.*  
ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ПЕСТИЦИДА —  
ПРОИЗВОДНОГО СЛОЖНОГО 2-ЭТИЛГЕКСИЛОВОГО ЭФИРА В ОСТРОМ  
И СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ..... 473

*Глинская Т.Н., Зиновкина В.Ю.*  
ПРЕДИКТОРЫ КОМПЕНСАТОРНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
ЛИЗОСОМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КЛЕТОК ПЕЧЕНИ В УСЛОВИЯХ  
ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ..... 474

*Гомолко Т.Н., Ильюкова И.И., Петрова С.Ю.*  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА,  
СОДЕРЖАЩИЕСЯ В ТОВАРАХ ПОТРЕБЛЕНИЯ ..... 475

*Грынчак В.А., Лисовская Г.В., Крыж Т.И., Лаппо Л.Г.*  
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ЭМБРИОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ  
IN VITRO ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ..... 477

*Гусева Е.А.*  
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРИ ВЫБОРЕ НАЧАЛЬНЫХ ДОЗ ТЕСТИРОВАНИЯ ОСТРОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ..... 478

*Зиновкина В.Ю., Богданов Р.В., Василькевич В.М., Анисович М.В., Крыж Т.И.*  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ  
ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ МУТАГЕНОВ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА  
ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ  
В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ..... 480

*Зиновкина В.Ю., Богданов Р.В., Василькевич В.М., Анисович М.В., Крыж Т.И.*  
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОГО И ТОКСИЧЕСКОГО  
ДЕЙСТВИЯ КЛАССИЧЕСКИХ МУТАГЕНОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ МУТАГЕННОГО

И ПОТЕНЦИАЛЬНО КАНЦЕРОГЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ  
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРИ ГИГИЕНИЧЕСКОМ  
НОРМИРОВАНИИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ..... 481

*Лапто Л.Г., Сычик С.И., Грынчак В.А.*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ *IN VITRO* ТЕСТ-  
СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕМОСОВМЕСТИМОСТИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ ..... 483

*Мирон И.И., Берник В.П., Завтони М.Н.*

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИЙ ПЕСТИЦИДОВ В РЕКАХ  
РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА ..... 484

*Мухаммадиева Г.Ф., Каримов Д.О., Валова Я.В., Кудояров Э.Р., Репина Э.Ф., Хуснутдинова Н.Ю.*

ОЦЕНКА ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНА *SNEK1* У КРЫС,  
ПОДВЕРГШИХСЯ ТОКСИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭТАНОЛА ..... 485

*Юркевич Е.С., Ильюкова И.И., Иода В.И.*

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОДЕСТРУКТОРА НАВОЗА «БИОСАНВИТ-М» ..... 487

## **РАЗДЕЛ 7**

### **МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. СТАТЬИ**

---

*Song Jin Yang, Lemiasheuski V.*

RESEARCH OF THE STATE AND PROBLEMS OF MANAGEMENT OF SOLID WASTE  
IN QINGDAO CITY AS A FACTOR OF THE HUMAN ENVIRONMENT ..... 489

*Антропова Н.С., Абрамов Е.Г.*

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНО-МИГРАЦИОННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МИГРАЦИИ КАДМИЯ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОГО  
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ..... 493

*Бельшиева Л.Л., Полянских Е.И., Федорова Т.А., Полоневич А.Г., Булгакова О.А.,  
Воронцова О.С., Войтенко С.И., Андриевская Е.В., Еркович Т.В.*

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА  
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ..... 496

*Гречина М.С.*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ГЛИФОСАТА  
И АМИНОМЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ В ВОДЕ И ПОЧВЕ:  
ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ..... 499

*Громова И.П.*

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИСТЕМНОГО ГЕРБИЦИДА ПОЧВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ  
КЛАССА ХЛОРАЦЕТАНИЛИДОВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ  
УРЕАЗЫ В ПОЧВЕ ..... 502

*Дребенкова И.В., Кузовкова А.А.*

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МОЛИБДЕНА, НИКЕЛЯ,  
ЦИНКА, МЕДИ И ХРОМА В МОДЕЛЬНЫХ СРЕДАХ, ИМИТИРУЮЩИХ ПИЩЕВУЮ  
ПРОДУКЦИЮ, КОНТАКТИРУЮЩУЮ С УПАКОВКОЙ,  
В ТОМ ЧИСЛЕ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ ..... 505

<i>Егорченкова О.Е., Березняк И.В.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКОГО НЕМАТОЦИДА В ОБЪЕКТАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ .....	508
<i>Ивченкова А.А., Федорова Н.Е., Добрев С.Д.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОВМЕСТНОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕСТИЦИДОВ РАЗНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ .....	510
<i>Капелько И.М., Крымская Т.П.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ .....	513
<i>Кекина Е.Г., Егорова М.В., Щербаков П.А., Гордо Г.Н.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ, КОНСЕРВАНТОВ И ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ В АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ МЕТОДАМИ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ .....	517
<i>Крымская Т.П., Грекова Н.А., Шарамков В.А., Федоренко Е.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДГОТОВКИ ВОДНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ВЫТЯЖЕК ИЗ ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫТЯЖЕК НА ПРИМЕРЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ МИГРАЦИИ Е-КАПРОЛАКТАМА .....	521
<i>Кузовкова А.А., Ковшова Т.В.</i> МИГРАЦИЯ ЛЕТУЧИХ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОЧНЫХ ПОЛИЛАКТИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЛИГНИНОМ В МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ, ИМИТИРУЮЩИЕ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ .....	525
<i>Лебединская К.С., Крымская Т.П., Чеботкова Д.В.</i> МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ Е-КАПРОЛАКТАМА, ВЫДЕЛЯЕМОГО ИЗ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДОВ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ, МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ .....	530
<i>Мухина Л.П., Громова И.П.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ МИГРАЦИИ ПРОИЗВОДНОГО БЕНЗОИЛПИРАЗОЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-ВОДА» МЕТОДОМ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ .....	533
<i>Перов С.Ю., Белая О.В., Дремин А.И.</i> ПИЛОТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОНИТОРИНГУ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ .....	537
<i>Плешкова А.А., Велентей Ю.Н.</i> СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРЕХАХ И СЕМЕНАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ .....	539
<i>Родионов А.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ АТОМИЗАЦИЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЛЬТРАНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СВИНЦА В ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ .....	542

<i>Саракач О.В., Крымская Т.П., Докутович А.И., Буневич Н.В.</i> РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИ АТТЕСТОВАННОЙ МЕТОДИКИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРОУГЛЕРОДА В ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ СКРИНИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	545
<i>Скляр Д.Н., Крийт В.Е., Волчкова О.В., Сладкова Ю.Н.</i> ИЗМЕРЕНИЕ ВОЗДУШНОГО УЛЬТРАЗВУКА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	548
<i>Степанова Н.А., Добрев С.Д.</i> ПЕСТИЦИДЫ ГРУППЫ НЕМАТОЦИДОВ: МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ, АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ И СМЫВАХ С КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ОПЕРАТОРОВ .....	550
<i>Сулова А.В., Молчанов М.Д.</i> НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФЛУФЕНАЦЕТА И ЕГО МЕТАБОЛИТОВ В ЗЕРНЕ И СОЛОМЕ ЗЛАКОВ .....	552
<i>Чаховский П.А., Прус Н.Н., Кузовкова А.А.</i> УРОВНИ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЦЕЗИЯ-137 В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ФИТОСЫРЬЕ, ПРЕДСТАВЛЕННОМ НА РЫНКЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В 2021–2022 ГГ. ....	555
<i>Чеботкова Д.В., Крымская Т.П., Лебединская К.С., Капелько И.М.</i> СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ Е-КАПРОЛАКТАМА В ВОДНЫХ ВЫТЯЖКАХ ИЗ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДОВ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ДИОДНО-МАТРИЧНЫМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ ...	557
<i>Чеботкова Д.В., Крымская Т.П., Капелько И.М.</i> РАЗРАБОТКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИ АТТЕСТОВАННОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРБЕНЗОЛА В ВОДНЫХ ВЫТЯЖКАХ ИЗ ПОЛИКАРБОНАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ПЛАМЕННО-ИОНИЗАЦИОННЫМ ДЕТЕКТИРОВАНИЕМ .....	561
<i>Шарамков В.А., Табелева Н.Н., Столяренко В.А., Позняк И.С., Шагун Е.В.</i> ТРЕБОВАНИЯ И ПОДХОДЫ К ВАЛИДАЦИИ МЕТОДОВ (МЕТОДИК) ИССЛЕДОВАНИЙ (ИСПЫТАНИЙ) И ИЗМЕРЕНИЙ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ .....	565
<b>РАЗДЕЛ 7</b>	
<b>МОНИТОРИНГ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА И МЕТОДЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ. ТЕЗИСЫ</b>	
<hr/>	
<i>Башун Т.В., Бельшева Л.Л.</i> ВЛИЯНИЕ СЛУЧАЙНЫХ И СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК НА РЕЗУЛЬТАТ ИСПЫТАНИЙ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ .....	569
<i>Воронцова О.С., Андриевская Е.В., Войтенко С.И.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНА К <sub>3</sub> В ПРЕМИКСАХ И КОМБИКОРМАХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ .....	571

*Дудчик Н. В., Позняк И. С., Шагун Е. В.*

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
МИКРОБНОЙ КОНТАМИНАЦИИ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ..... 572

*Крымская Т. П., Чеботкова Д. В., Лебединская К. С., Капелько И. М.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ  
СУБСТАНЦИИ АМЛОДИПИНА БЕСИЛАТА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ  
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ..... 573

*Курпединов К. С., Горячева Л. В.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛУАЗИНАМА В ЯГОДАХ ЧЕРНИКИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ  
МАТРИЧНОГО ЭФФЕКТА ..... 574

*Лебединская К. С., Капелько И. М., Крымская Т. П., Чеботкова Д. В.*

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ  
СУБСТАНЦИИ АМБРОКСОЛА ГИДРОХЛОРИДА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ..... 575

*Мальцева О. А., Нурисламова Т. В.*

ОТРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ И УСЛОВИЙ ОТБОРА ПРОБ ВОЗДУХА  
НА СОДЕРЖАНИЕ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ  
ФУРАНА И МЕТИЛФУРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ТЕРМОДЕСОРБЦИИ ..... 577

*Мусабиров Д. Э., Курилов М. В., Аухадиева Э. А., Афонькина С. Р., Даукаев Р. А., Зеленковская Е. Е.*

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА ПРОБОПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ  
ХРОМАТОГРАФИИ ..... 578

*Полянских Е. И., Бельшева Л. Л., Булгакова О. А.*

ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ СОДЕРЖАНИЯ АМИТРАЗА И ЕГО  
МЕТАБОЛИТОВ В ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА И МЕДЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ-  
МС/МС ..... 579

*Полянских Е. И., Федорова Т. А., Лавринович Н. А., Занько Д. А.*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОБОДНОЙ  
ГЛУТАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕРИВАТИЗАЦИИ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ..... 580

*Тонко О. В., Коломиец Н. Д., Ханенко О. Н., Семашко Д. А.*

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ КОНТАМИНАЦИИ ОБЪЕКТОВ  
СРЕДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОКРУЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ..... 581

*Шарамков В. А., Гозиев С. О., Ахмаджанов Н. Т., Бельшева Л. Л., Крымская Т. П.*

ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА САНИТАРНО-  
ГИГИЕНИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ ..... 583

*Шутова Т. Г., Шутова А. Г.*

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗЕИНА С АНТИОКСИДАНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ  
ДЛЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ..... 584

## РАЗДЕЛ 8

### ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. СТАТЬИ

---

*Гузик Е. О.*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ НАДЗОР ..... 585

*Гузик Е. О., Янковская Н. Г.*

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ВРАЧЕЙ МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО  
ПРОФИЛЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ..... 588

*Жукова Н. П., Карымбаева С. Т., Бокитько Б. Г., Клецова Е. А.*

РОЛЬ СОВЕТА РУКОВОДИТЕЛЕЙ УПОЛНОМОЧЕННЫХ ОРГАНОВ  
В ОБЛАСТИ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ  
НАСЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВ – ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
СОЮЗА В ПРИНЯТИИ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВ – ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
СОЮЗА ..... 591

*Жукова Н. П., Карымбаева С. Т., Бокитько Б. Г., Корнаков Д. В.*

РАЗВИТИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ДОГОВОРНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ  
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА В СФЕРЕ САНИТАРНЫХ МЕР  
В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВ – ЧЛЕНОВ  
ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ..... 593

*Ивко Н. А., Буневич Н. В.*

ИТОГИ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ ПОДПРОГРАММЫ  
«БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА» ГНТП «НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА И ДОСТУПНОСТИ МЕДИЦИНСКИХ  
УСЛУГ» В 2021–2022 ГГ. .... 598

*Кравченко Э. Н., Долгопол В. И.*

МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ  
НА ТЕРРИТОРИИ МИНСКОГО РАЙОНА ..... 600

*Мальшева А. Г., Стародубова Н. Ю.*

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГИГИЕНЕ ..... 603

*Мойсак И. В., Мозаловская М. М.*

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ –  
НАДЕЖНАЯ ЗАЩИТА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ..... 606

*Сафандеев В. В., Сеницкая Т. А.*

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ИНГАЛЯЦИОННОЙ ТОКСИЧНОСТИ  
РАЗЛИЧНЫХ ФОРМУЛЯЦИЙ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ..... 609

*Чернявская Н. В., Автухова Н. Л.*

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА Г. МИНСКА НА ПУТИ  
ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ИТОГИ 2021 Г. .... 611

## **РАЗДЕЛ 8**

### **ПРАКТИКА ГИГИЕНЫ И ТОКСИКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ. ТЕЗИСЫ**

---

*Бортновский В. Н.*

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО  
САНИТАРНОГО НАДЗОРА И УПРАВЛЕНИЯ В ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЕ ..... 616

*Николаева Е. А., Гутич Е. А.*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ НЕТАБАЧНЫХ  
НИКОТИНОСОДЕРЖАЩИХ ИЗДЕЛИЙ ОРАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ..... 617

*Сычик С. И., Дроздова Е. В., Итпаева-Людчик С. Л., Буневич Н. В.*

О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТРАСЛЕВОЙ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ..... 619

Научное издание

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ЗДОРОВЬЕ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 95-ЛЕТИЮ  
РЕСПУБЛИКАНСКОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ГИГИЕНЫ»  
24–25 ноября 2022 года, г. Минск**

Ответственный за выпуск *Т. Ф. Рослик*  
Редактор *А. А. Костыко*  
Корректоры *А. А. Костыко, Н. Б. Кучмель*  
Компьютерная верстка *О. Б. Гришина*  
Подписано в печать 13.12.2022. Формат 60×84<sup>1/8</sup>.  
Цифровая печать. Усл. печ. л. 72,5. Уч.-изд. л. 64,0.  
Тираж 50 экз. Заказ 444.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
республиканское унитарное предприятие  
«Издательский центр Белорусского государственного университета».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/159 от 27.01.2014,  
№ 2/63 от 19.03.2014.  
Ул. Красноармейская, 6, 220030, Минск.