

Ministry of Science and Higher Education (Russia)  
Saint Petersburg State University. Institute of Earth Sciences  
Central Soil Museum of Soil by V.V. Dokuchaev  
FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute  
ANO Preservation and development of Dokuchaev scientific heritage «Soil – life»  
Interregional CSO “Nature protection union”  
Dokuchaev Society of Soil Science  
Universität Hamburg

# MATERIALS

*International scientific conference  
XXV Docuchaev conference  
for young scientists*

devoted to the 95th anniversary  
of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute and  
100th anniversary of the Department of Soil Science  
of the Saint Petersburg State University

«SOIL IS LIFE»

March 1–3, 2022  
St. Petersburg, Russia



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный университет. Институт наук о Земле  
Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева –  
филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»  
АНО сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь»  
МОО «Природоохранный союз»  
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева  
Universität Hamburg

# МАТЕРИАЛЫ

*Международной научной конференции*  
*XXV Докучаевские молодежные чтения*

посвященной  
95-летию Почвенного института им. В.В. Докучаева  
и 100-летию кафедры почвоведения СПбГУ

**«ПОЧВА – ЖИЗНЬ»**

1–3 марта 2022 года  
Санкт-Петербург

Санкт-Петербург  
2022

УДК 631.4  
ББК 40.3  
М34

Редакционная коллегия: Б.Ф. Апарин (председатель), К.А. Бахматова, С.М. Горохова, Е.Д. Иванов, Г.А. Касаткина, М.А. Лазарева, Е.В. Мингареева, Ю.Р. Моргач, Е.Е. Орлова, Н.Е. Орлова, Е.В. Пятина, О.В. Романов, А.В. Русаков, А.Г. Рюмин, М.Е. Федорова, А.А. Шешукова, К.Л. Якконен

Рецензенты: д.с.-х.н., профессор Б.В. Бабилов, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

**Материалы Международной научной конференции XXV Докучаев-  
М34 ские молодежные чтения «Почва – жизнь» / Под ред. Б.Ф. Апарина. –  
СПб., 2022. – 230 стр.**

В материалах рассматриваются вопросы деградации и рекультивации почв, влияния промышленности на почвы, сорбции тяжелых металлов, динамики углерода и экосистемных функций почв, роли микроорганизмов в сорбции поллютантов и защите сельскохозяйственных растений, разнообразия почв различных регионов и индикаторы сельскохозяйственного воздействия на почвы, а также популяризация почвоведения.

XXV Докучаевские молодежные чтения посвящены 95-летию Почвенного института им. В.В. Докучаева и 100-летию кафедры почвоведения СПбГУ.

В сборнике представлены современные научные исследования студентов, аспирантов, молодых ученых, работы школьников.

Для специалистов в области почвоведения, биологии, экологии, географии, сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

ББК 40.3

© Авторы, 2022

**ОРГКОМИТЕТ**  
Международной научной конференции  
**XXV Докучаевские молодежные чтения**

**Председатель:**

*Апарин Б.Ф.*, д.с.-х.н., профессор кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, научный руководитель Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП им. В.В. Докучаева), вице-президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева

**Зам. председателя:**

*Сухачева Е.Ю.*, д.г.н., директор ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», доцент каф. почвоведения и экологии почв СПбГУ

**Ответственный секретарь:**

*Мингареева Е.В.*, с.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

**Секретарь:**

*Лазарева М.А.*, н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

**Члены программного оргкомитета:**

*Горохова С.М.*, старший преподаватель каф. почвоведения, член правления Совета молодых ученых ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ

*Жарких И.А.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

*Захарова М.К.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

*Иванов Е.Д.*, магистрант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

*Лебединский М.И.*, магистрант кафедры почвоведения и экологии СПбГУ

*Леонтьев А.А.*, студент кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

*Моргач Ю.Р.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

*Рюмин А.Г.*, ст. преп. кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ

*Федорова М.Е.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

*Olga Vybornova, Dr.*, Institute of Soil Science, Universität Hamburg

**Куратор школьной секции:**

*Моргач Ю.Р.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева



Секция I  
*Деградация  
и рекултивация почв*

TOWARDS THE APPLICATION OF METAL-ORGANIC FRAMEWORK  
FOR REMOVAL OF HEAVY METAL IONS

M.T. Bayero<sup>1</sup>, M. Mazarji<sup>1</sup>, T. Bauer<sup>1,2</sup>, S. Sushkova<sup>1</sup>, S. Mandzhieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russia, Rostov-on-Don, Southern Federal University  
bayeroten10@gmail.com

<sup>2</sup>Russia, Rostov-on-Don, Federal Research Centre the Southern Scientific  
Centre of the Russian Academy of Sciences  
bauertatyana@mail.ru

This paper presents a general overview of metal-organic frameworks (MOFs) and MOFs composites, especially iron-based MOFs (Fe-MOFs), for removing heavy metal ions (HMs).

Heavy metal pollutions have led to adverse environmental impacts in soil, calling for an urgent need to find materials with environmental compatibility. MOFs are an emerging class of organic-inorganic hybrid crystalline porous materials formed by clusters of organic ligands and metal ions via strong coordination bonds. MOFs are known to possess high pore volume, adjustable pore topology, large specific surface area, structural tunability, and crystallinity. These unique properties of MOFs allow endless possibilities for modification and high selectivity towards specific HMs in contaminated media. Several MOFs, such as Materials of Institute Lavoisier (MIL), zeolitic imidazolate frameworks (ZIFs), University of Oslo (UiO), zinc (II) based MOFs (TMU-5), etc. are constructed from carboxylate-based ligands or azolate-based ligands. MOFs such as ZIF-8, UiO-66, TUM-5, etc., have been widely applied in remediation in aqueous systems with reported excellent adsorptive capacities. However, the stability of MOFs depends on some internal (metal ions, organic ligand, hydrophobicity, crystallinity, porosity, etc.) and external (pH, temperature, humidity, etc.) factors. Therefore, an adequate understanding of the interactions between the media and MOFs is essential before implementation.

MOFs-based composites have proven to show a great difference compared to pristine MOFs. For example, modifying the MOFs with other materials such as biochar, graphene oxide, and chitosan complexed with Fe-MOFs may likely present a practical solution for the soil practices. In addition, Fe-MOFs have high redox-related tendencies. This advantage, coupled with their low toxicity, leads to more excellent structural stability and environmentally friendly composites for remediation purposes. Also, magnetic composites could potentially aid the separation of the MOFs in the complex soil matrix.



In conclusion, to address many shortcomings associated with pristine MOFs for soil remediation, the MOFs composites mentioned above could present a practical solution. Biochar could be an excellent candidate in this context due to its well-documented capacity as a promising adsorbent and the commonly established soil additive. Therefore, the corresponding bio-based composite between biochar and MOFs would offer the following advantages: 1) Presenting excellent capacity for immobilizing/adsorbing resulting from a synergistic effect between Fe-MOFs and biochar; 2) Preventing the aggregation of Fe-MOFs in the soil matrix; 3) Increasing long-term stability; 4) Turning the spent additives to bio-fertilizer; 5) Adding the selectivity towards specific types of HM ions, and 6) reducing the overall cost of composite by using the low-cost biochar.

The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation project on the development of the Young Scientist Laboratory (no. LabNOTs-21-01AB) and the Russian Foundation for Basic Research, project no. 19-34-60041 and 19-29-05265.

The paper is recommended by Prof. Dr. T. Minkina.

UDK 631.45

#### ECOLOGICAL RESTORATION WITH BIOCHAR AND ITS IMPACTS ON SOIL HEALTH AND SOIL BIOTA

M.B. Moya, V.D. Rajput, S. Sushkova, T. Dudnikova, A. Barbashev,  
E. Shuvaev, G. Bakoeva, I. Lobzenko, N. Chernikova

Southern Federal University, Rostov-on-Don, moyabelen22@gmail.com

The loss of fertility and soil degradation is a phenomenon aggravated by climate change that disturbs not only food production but also affects water availability, globally. For this reason, the sustainable management of the soil and the crops are of vital importance, since this would contribute to the recovery of the lost fertility of the agroecosystem. In this review, it is proposed to analyze experiences of how biochar helps to improve the physico-chemical properties of the soil, which in turn helps to improve the quality of life for microorganisms present in the soil biota and enhance plant growth.

The incorporation of biochar into the soil can alter its physical properties such as texture, structure, pore size distribution, total surface area, and bulk density, with repercussions on aeration, moisture retention capacity, growth of plants and ease of tillage of the soil. The use of biochar intervenes

directly in the processes that take place in the soil, this is how ecological restoration is carried out. In addition, evidence is reviewed that shows biochar works as a carrier of microorganisms, so its addition to the soil can increase the population of mycorrhizal fungi and the levels of Rhizobium infection, thus being incorporated into soil bioremediation works. Finally, examples in tomato plants inoculated with Botrytis are reviewed, in which it is reported how its application induced systemic resistance responses in the canopy, which suggests that it favors resistance to biotic stress. The application of biochar increases the nutrient retention capacity in the soil with the consequent reduction in the need to apply high doses of fertilizers, which translates into an increase in the efficiency of fertilizer use. Applying biochar to soil can increase its permeability to water and reduce runoff and irrigation costs. Soil improvements attributed to biochar addition also include increased moisture retention and air permeability.

The research was supported by the Strategic Academic Leadership Program of the Southern Federal University («Priority 2030») and by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the state task in the field of scientific activity (no. 0852-2020-0029).

The paper is recommended by Prof. Dr. T. Minkina.

УДК 631.45

**METAGENOMIC STUDIES EXPLORING COMBINE EFFECT OF ZNO  
NANOPARTICLES AND BIOCHAR ON SOIL MICROBIAL  
COMMUNITY UNDER CO-CONTAMINATION  
OF PAHS AND HEAVY METALS**

H. Elgendy, J. Johar, S. Sushkova, V.D. Rajput, K. Demin,  
Y. Delegan, A. Kumari, A. Ranjan

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation  
hadeerilgendy@gmail.com

Environmental pollution is a global problem that threatens our food security. Soil is a critical component of the environment, however, the anthropogenic activity resulted in soil contamination by various kinds of pollutants. Among these notable pollutants, polyaromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metals (HMs) are worth mentioning. The diversity of microbial community along with the yield quality of plants is greatly altered with the presence of these contaminants. Soil biological properties such as dehydro-

genase, arylsulfatase, lipase, nitrogenase, catalase, and peroxidase activities are efficiently affected which indicates a disturbance in the soil ecological functions as a result of co-contamination. The soil microflora reduces the toxicity of these contaminants through the upregulation of genes responsible for showing resistance to contaminants. In the same manner, plants tend to accumulate these contaminants inside their tissues and organelles resulting in oxidative stress. Recent studies showed that ZnO nanoparticles (NPs) assisted plants in overcoming oxidative stress by inducing the expression of antioxidative enzymes such as malondialdehyde, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase to resolve the oxidative stress. Biochar considerably reduces the toxic effects of these pollutants on plants and microbes by reducing their bioavailability. It was found that biochar also increased the microbial diversity in soil under PAHs and HMs contamination. The separate and combined application of biochar and ZnO NPs significantly affect plant productivity. In addition to nanotechnology, analyzing the metagenomics of the soil microbial community is one of the most advanced tools to evaluate PAHs and HMs toxicity. Metagenomic studies are contributing to the functional analysis of plants and microflora genes responsive to PAHs and HMs. This present work discusses the impact of ZnO NPs foliar application and biochar in order to encounter the effects of co-contamination by PAHs and HMs at the physiological, biochemical, and metagenomic levels of the soil ecosystem.

The research was supported by the Strategic Academic Leadership Program of the Southern Federal University («Priority 2030») and a project on the development of the Young Scientist Laboratory (no. LabNOTs-21-01AB).

The paper is recommended by Prof. Dr. T. Minkina.

## ESTIMATING SOURCE APPORTIONMENT OF HEAVY METALS IN SOILS WITH MULTIVARIATE RECEPTOR MODELS AND ROBUST GEOSTATISTICS

Han Gui

Jilin University, China, [guihan21@mails.jlu.edu.cn](mailto:guihan21@mails.jlu.edu.cn)

Source identification of heavy metals in soils is crucial for the prevention or reduction of heavy metal pollution. This study aims to analyze the source apportionment and source contribution of soil heavy metals in North-east China. Absolute principal component score/multiple linear regression (APCS/MLR) and positive matrix factorization (PMF) are applied to a dataset consisting of 7 heavy metals in 26 surface soils samples. Robust geosta-

tistics are used to delineate and compare the factors derived from these two receptor models. The results suggest that there exist three sources of 7 heavy metals in heavy industrial areas. As, Cr, Ni, Zn, and partially Hg, Pb, Cd originated from parent material. 45.2 % of Hg and 16.2 % of Pb were related to atmospheric deposition of human emissions. 31.6 % concentration of Cd was associated with agricultural activities. Overall, parent material, atmospheric deposition of human emissions, and agricultural activities explained 85.1 %, 8.3 %, and 14.6 % of the total concentration of 7 heavy metals, respectively. Receptor models coupled with robust geostatistics successfully estimated the source apportionment of heavy metals in soils.

The paper is recommended by Doctor, professor Qingchun Yang.

## FRACTION SIZE DISTRIBUTION OF WATER STABLE AGGREGATES FOR DIFFERENT ARABLE AND FOREST SOIL TYPES

R. Klič, C.S.S. Ferreira, A. Ferreira, M. Kravka

Prague, Czech University of Life Sciences Prague, klicr@fzp.czu.cz

Aggregate stability refers to the ability of soil aggregates to resist disintegration when disturbing forces are present, mainly associated with tillage. The stability of wet aggregates indicates how well the soil can withstand the impact of raindrops and water erosion. Larger amounts of stable aggregate indicate better soil quality, which is important for infiltration, root growth and resistance to water and wind erosion. This study aims to determine and compare the distribution of forest and arable land fractions for three different soils – haplic luvisol, cambisol and podzol. Surface soil samples (0–10 cm) were collected in Prague-Suchdol (Housle), Czech Republic, and Ribeira dos Covões catchment, Portugal. The samples were analysed through wet sieving method which quantifies the amount of water-stable soil aggregates (WSA) fractions. The results (fig. 1, tabl. 1) show that haplic luvisols in the Czech Republic contain a higher proportion of WSA of larger fractions (>2 mm) than arable land, where smaller fractions (10.5 mm, 0.5–0.25 mm and <0.25 mm) predominate. This means that in arable soil infiltration will be lower and precipitation-runoff erosion will be more prone. Comparable results were found in cambisols and podzols in Portugal, where forest soils also displayed higher proportion of larger fractions. Overall, the results suggest that larger fraction sizes will usually occur in forest soils, which will be further investigated for other soil types. Knowledge of WSA in different soil types can be used to improve soil management and reduce soil degradation, thus contributing to achieve land degradation neutrality targets.

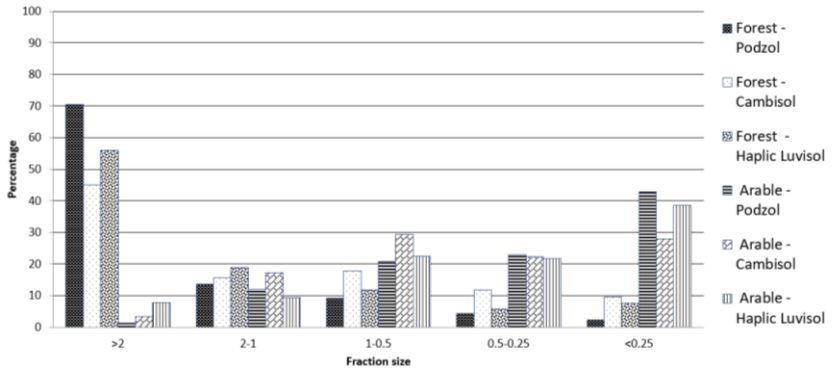


Figure 1: WSA fraction distribution in different soil types and land uses.

Table 1. Measured data of WSA fraction distribution in different soil types and land uses.

Soil type / Fraction size (mm)	>2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25
Forest – Podzol	70.4	13.6	9.1	4.4	2.4
Arable – Podzol	1.2	12.0	21.0	23.0	42.8
Forest – Cambisol	45.2	15.6	17.9	11.8	9.6
Arable – Cambisol	3.3	17.3	29.3	22.3	27.9
Forest – Haplic Luvisol	56.0	18.9	11.8	5.8	7.6
Arable – Haplic Luvisol	7.8	9.4	22.5	21.7	38.6

The paper is recommended by pedagogue, associate prof. J. Štibinger.

## THE USAGE OF CHEMICAL ANTAGONISM PRINCIPLES FOR HEAVY METALS ACTIVITY REDUCTION IN THE SOIL SOLUTION SYSTEM. THE “CHROME – VANADIUM” ANTAGONISTIC MODEL

A. Kolganova

USA, The Ohio State University, kolganova.1@buckeyemail.osu.edu

The phenomenon of chemical antagonism between chrome and vanadium is a comprehensive process. It has the potential to serve as a tool for chrome ions activity reduction. For evaluation of vanadium efficacy for chrome ions activity reduction in soils, an experiment based on Minteq, a special program for soil solutions behavior simulation, was set up. The experiment included 3 input data sets. The used concentration of chrome ions was equal to 10 mg/l in each. The pH level was 6.5 for each set. The concentra-

tions of vanadium ions varied and were equal to 50, 100, 150 mg/l. The experiments have proven the presence of chrome – vanadium antagonistic relationship dependency on pH level and vanadium concentration. The activity of chrome ions increases since the acidity gets higher. The increase of vanadium concentration decreases chrome ions activity since vanadium turns active chrome – containing compounds into inactive ones. Vanadium – containing compounds can be possible treatments for soils contaminated with chrome.

The paper is recommended by Doctor, prof. of Soil Science R. Lal.

## PREDICTION OF RELATIONSHIP BETWEEN BIOACCESSIBILITY OF HEAVY METALS AND SOIL PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

Xingyu Lu

China, Jilin University, xingyul21@mails.jlu.edu.cn

Heavy metal pollution has emerged as one of the major environmental problems due to its harm to ecological and human health. Risk control and remediation of soil pollution are done based on the risk level of total concentration. However, the human body cannot fully absorb the heavy metals in soil particles. Thus, bioaccessibility is often used as a key indicator of containment risk and chemical speciation of heavy metals that are closely related to soil physiochemical properties such as pH, clay particle content, CEC, and organic matter. This study attempts to establish a statistical relationship between bioaccessibility of Pb and physiochemical parameters by applying meta-analysis based on the data extracted from published literature and covering the most widely used databases such as Wanfang, CNKI, VIP, Web of Science, Elsevier ScienceDirect, and Springer. The results show that there is a significant correlation between Pb gastric bioaccessibility and pH and organic matter. The intestinal bioaccessibility of Pb is correlated with pH, clay particle content, and soil cation exchange capacity. The findings provide some insight on how to evaluate the level of heavy metal pollution and human health risk.

The paper is recommended by Doctor, professor Qingchun Yang.

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КРИВЫХ  
ОТРАЖЕНИЯ ПОЧВ

Д.А. Азиков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
azi-inna@yandex.ru

Based on the published reflection spectra in the Russian-language literature, a database was created. In the developed database, there is an original algorithm for establishing a connection between the reflection spectra of soils in the visible range, color coordinates in the international CIELAB system, color according to the Mansell system, and color characteristics known from open publications of Russian researchers.

Цифровая революция затронула методологическую и методическую базы всех проводимых в настоящее время научных исследований. Интерес к созданию спектральных библиотек во всем мире увеличивается, так как спектральный анализ может быть использован в качестве емкого и не деструктивного метода, результаты которого коррелируют со многими почвенными свойствами. Спектральная библиотека (SSL – Soil Spectra libraries) представляет собой базу данных, в которой представлены эталонные образцы спектров почв с описанием их химических и физических свойств.

В настоящее время в научной литературе сложилась противоречивая ситуация. С одной стороны, существует огромное количество информации, которую трудно бывает не только осмыслить, но даже прочитать. С другой стороны, некоторые, известные ранее факты и закономерности, или забыты, или исключены из научного оборота, поскольку приоритет отдается англоязычным публикациям, а их авторы практически не знакомы с русскоязычной литературой. Поэтому происходит «переоткрытие» того, что было открыто еще в 60–80-ые годы прошлого века.

Созданная база данных поможет избежать именно такой ситуации, поскольку объединяет в себе «старые» и «новые» знания и дает возможность не потерять ранее найденные закономерности.

В разработанной базе данных существует оригинальный алгоритм установления связи между спектрами отражения почв в видимом диапазоне, координатами цвета в международной системе CIELAB, цветом по системе Манселла и цветовыми характеристиками, известными из открытых публикаций отечественных исследователей. Приведена информация по 705 спектрам, для каждого из которых рассчитаны 30

показателей цвета почв. База данных включает сведения о принадлежности образцов к генетическим горизонтам, объединенным в 19 групп. Для 349 образцов указан гранулометрический состав. 367 спектров получено из литературных источников, в том числе 223 путем оцифровки опубликованных в литературе графических материалов. Для всех показателей приведены формулы расчета.

Выходные файлы имеют два формата: \*.csv – цифровая информация спектра отражения и \*.png – графическая информация спектра отражения с указанием изображения цвета и его значений в системах RGB, CIELAB, HSB.

Полученная из базы данных информация может быть использована для оценки диагностики генетических горизонтов и построения регрессионных уравнений связи химических и физических свойств почв с оптическими характеристиками.

Работа рекомендована д.т.н., проф. Д.М. Хомяковым.

УДК 632.12

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ В ЛАНДШАФТЕ РАЗРУШЕННОГО БУГРА БЭРА В ДЕЛЬТЕ ВОЛГИ

Е.А. Аникина

Астраханский государственный университет

anikina.ekaterina199@gmail.com

Baer mounds are geomorphological formations characteristic only of the Caspian lowland of the Astrakhan region. Mechanical destruction and anthropogenic interference leads to desertification and the complete destruction of mounds in the Astrakhan region.

Бугры Бэра – геоморфологические образования, характерные только для Прикаспийской низменности. Эти своеобразные формы рельефа Прикаспийской низменности, имеющие направление с востока на запад, вот уже более полутора веков привлекают внимание исследователей. В последнее время их экологическая уязвимость сильно усугубляется антропогенным вмешательством. В Астраханской области широко распространены механические разрушения и уничтожение бугров. Еще в середине 1950-х годов С.А. Владыченским было доказано, что бугры Бэра представляют собой центры аккумуляции солей и их уни-



чтожение приводит к перераспределению солей в прилегающих ландшафтах, что существенно увеличивает долю солончаков в крае. Вероятно, что полное разрушение бугров приведет к глобальной перестройке геохимической ситуации в Астраханской области. Поэтому проблема влияния бугров Бэра и их целостности на состояние почвенного покрова Астраханской области очень актуальна.

Целью исследования является изучение почвенных свойств антропогенно разрушенных ландшафтов бугров Бэра. Особое внимание было уделено бугру, который используется в настоящее время под овощехранилище.

Останцы бугра Бэра, располагаются в центральной части поселка Мошаик г. Астрахани. В настоящее время часть его используется в качестве овощехранилища. Длина исследуемого объекта 50 м, культурный слой в разрезе достигает 2 м. Для изучения физико-химических свойств почв и оценки состояния почвенного покрова было отобрано 10 почвенных образцов (рис. 1) методом прикопок. Исследуемая территория составила 50 м, расстояние между точками – 5 м, глубина прикопки 40 см.

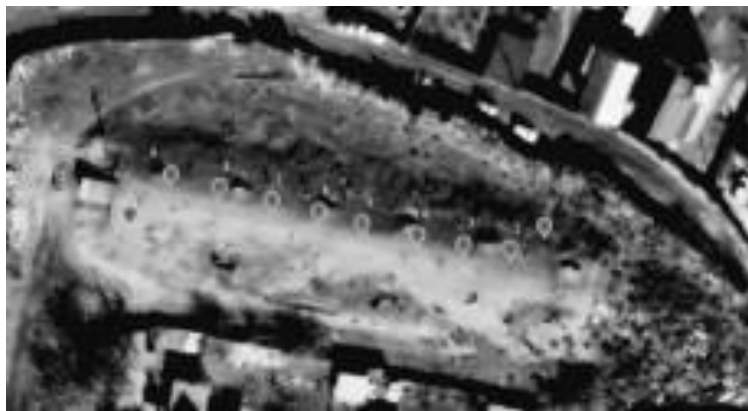


Рисунок 1. Схема отбора проб.

Был проведен сравнительный анализ состояния почв исследуемых ландшафтов. Использовались традиционные методы почвоведения (анализ влажности термостатно-весовым методом, определен показатель pH (водородный показатель) потенциометрическим методом, определение сухого остатка водной вытяжки по ГОСТу 26423-85, 4. определение плотности твердой фазы почвы пикнометрическим методом, определен углерод (C) органических соединений по методу Тюрина).

Результаты исследования показали, что влажность имеет невысокие значения (1–3 %) и соответствует гигроскопической. Это свидетельствует о низкой сорбционной способности элементарных почвенных частиц, что характерно для легких песчаных пород. Почва имеет нейтральную реакцию среды. Значения варьируют от 7.7 до 6.6.

Из полученных результатов сухого остатка водной вытяжки выяснили, что самый низкий показатель 0.3 %, а самый высокий 0.9 %, это говорит о том, что степень засоления исследуемого объекта в некоторых точках является слабой, а в некоторых средней.

При исследовании плотности твердой фазы разрушенного бугра Бэра выяснилось, что показатели находятся в пределах от 2.2 г/см<sup>3</sup> до 2.6 г/см<sup>3</sup>. Плотность почвы варьирует от 1.2 г/см<sup>3</sup> до 1.4 г/см<sup>3</sup>.

Исходя из полученных результатов исследования органического углерода (С) делаем вывод, что его содержание в почвенных образцах не сильно изменяется. Самый минимальный показатель 1.18 %, а максимальный 2 %. Углерод органических соединений распределен практически равномерно. Результаты определения углерода органических соединений подтвердили, что в исследуемой нарушенной почве протекают процессы почвообразования. Их интенсивность зависит от времени нахождения на поверхности.

Полученные результаты показали, что механическое разрушение бугров Бэра приводит к нарушению целостности почвенного покрова и приводит к практически полному уничтожению плодородного поверхностного слоя. На месте уничтоженного бугра Бэра почвенный покров представляет собой почвообразующую породу (морские отложения), вышедшую на поверхность и вступившую в новую эволюционную фазу развития. Данные физических почвенных свойств показали, что почвы ландшафта разрушенного бугра характеризуются неудовлетворительными характеристиками в агрофизическом плане. При этом отмечено, что преобладают песчаные породы. Восстановление почвы на местах разрушенных бугров при аридном засушливом климате и полном отсутствии растительности займет не одну сотню лет. Именно такие очаги вносят свой вклад в образование опасных природных явлений – пыльных бурь.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.В. Федотовой.

КИНЕТИКА СОРБЦИИ ЛАНТАНОИДОВ АЗОНАЛЬНЫМИ  
ПОЧВАМИ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮГА РОССИИ

Т.В. Бауэр, В.С. Цицуашвили, О.Е. Хронюк,

А.П. Щербаков, С.А. Антоненко

Южный федеральный университет, г. Ростов-на Дону

bauertatyana@mail.ru

The sorption kinetics of La (III) ions by azonal soils of the steppe zone was studied. It was shown that the speed of the sorption process is influenced by both the composition of the sorbent and the interaction in the sorbent – sorbate system. It has been shown that the kinetics of the La sorption process is more consistent with the pseudo-second order model, where the limiting stage of the absorption process is chemisorption.

В последнее время возрос интерес к лантаноидам в связи с расширением использования их в сельском хозяйстве и одновременно с этим растущим загрязнением окружающей среды. Одним из основных процессов, ответственных за распределение лантаноидов между жидкой и твердой фазами почв, является ионообменная сорбция элементов почвами. При реализации ионообменных процессов необходимо учитывать кинетические свойства сорбента, определяющие возможность поглощения адсорбата за время контакта с сорбентом.

В рамках данной работы были исследованы кинетика поглощения лантаноидов (на примере La) азональными почвами степной зоны. Объектами исследования выступили луговая тяжелосуглинистая почва на аллювиальных суглинках и аллювиальная луговая песчаная почва на аллювиальных отложениях (слой 0–20 см). Почвы обеих типов были отобраны на территории поймы р. Северский Донец в 1.5 км к северо-западу от г. Каменск-Шахтинский в Каменском районе Ростовской области. По физико-химическим показателям исследуемые почвы значительно различаются (за исключением величины  $pH_{H_2O}=7.5$ ), что находит отражение и в их адсорбционной способности по отношению к ионам La(III). Луговая почва характеризуется следующими свойствами:  $S_{орг.}$  – 3.9 %, ЕКО – 40.9 мМ(+)/100 г почвы;  $CaCO_3$  – 0.6 %; содержание физической глины – 55.8 %, ила – 32.0 %. Для аллювиальной луговой почвы характерны следующие значения:  $S_{орг.}$  – 0.9 %, ЕКО – 9.0 мМ(+)/100 г почвы;  $CaCO_3$  – 0.1 %; содержание физической глины – 5.8 %, ила – 2.6 %.

Для изучения кинетики сорбции использовали фракцию почвы меньше 1 мм в естественной катионной форме. Навески почвы массой 10 г помещали в бюксы и смачивали дистиллированной водой для более полного и быстрого протекания ионообменных реакций. Через сутки бюксы с почвой заливали 0.5 мМ/л раствором нитрата La при соотношении почва: раствор 1:10. Время взаимодействия составляло: 1, 2, 5, 15, 30, 60, 180, 360 и 1440 минут. В фильтрах La определяли методом ИСП-ОЭС на приборе ICPE-9000 (Shimadzu, Япония).

Установлено, что скорость процесса сорбции ионов La(III) зависит от времени взаимодействия с почвой, от ее физических и химических свойств и количества свободных адсорбционных мест на поверхности почвенных частиц. Выявлено, что в течение первого часа от начала взаимодействия 12–56 % La(III) поглощается луговой почвой и 6–44 % аллювиальной. По истечении 3 часов количество поглощенного почвой элемента практически перестает изменяться. Полученные результаты указывают на то, что адсорбция La(III) почвами – двухстадийный процесс. Для выявления вклада химического взаимодействия в общую скорость процесса поглощения применены кинетические модели псевдо-первого порядка Лагергрена и псевдо-второго порядка Хо и Маккея. Выявлено, что кинетика процесса сорбции ионов La(III) в большей степени соответствует модели псевдо-второго порядка ( $R^2=0.973-0.980$ ), где лимитирующей стадией процесса поглощения является хемосорбция.

Исследования выполнены при финансовой поддержке грантов Президента МК-6137.2021.1.5 и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по созданию Лаборатории молодых ученых (№ ЛабНОЦ-21-01АБ).

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

The study analyzed the changes in the microrelief since 1930 and revealed the features of the microrelief and the structure of the peat layer.

Объектом исследования является территория осушенного в 1840 г. болота Суланда, расположенная в Лисинском учебно-опытном лесничестве (Ленинградская область).

Цель работы – изучение долгосрочного изменения почв, характеристика микрорельефа и микроструктуры почвенного покрова (СПП).

В исследовании применялся сравнительно-исторический метод и метод трансект (лучей) для описания микрорельефа и СПП.

По данным А.А. Роде [1], в 1930 г. это была типичная торфяно-глеевая почва на ленточной глине, с мощностью торфа около 56 см. Судя по содержанию остатков коры в нижней части торфяного слоя и отсутствию в ней остатков сфагнома и других представителей болотных растений, до осушения здесь было лесное болото. Подстилающий торфяной слой минеральный горизонт в верхней части прокрашен гумусом. Наличие ржавых пятен свидетельствовало об ослаблении глеевого процесса в результате осушения.

Описывая рельеф рядом с разрезом, заложенным для демонстрации почвы участникам II Международного конгресса почвоведов, А.А. Роде отметил, что это было «ровное место». Спустя 90 лет мы увидели на этом месте ярко выраженный микрорельеф, образованный приствольными повышениями, кочками и поваленными деревьями.

В связи с ухудшением дренирования почв сейчас наблюдается вторичное заболачивание территории, что проявляется в обилии зеленых и сфагновых мхов и в интенсивной сизой окраске минерального горизонта. Изменения коснулись и почвенного профиля: теперь, торф представлен не однородной массой, а тремя горизонтами.

В результате исследования выявлены особенности микрорельефа по трем трансектам, установлена связь между глубиной подстилания минеральной толщей и строением торфяного слоя (рис. 1, 2).

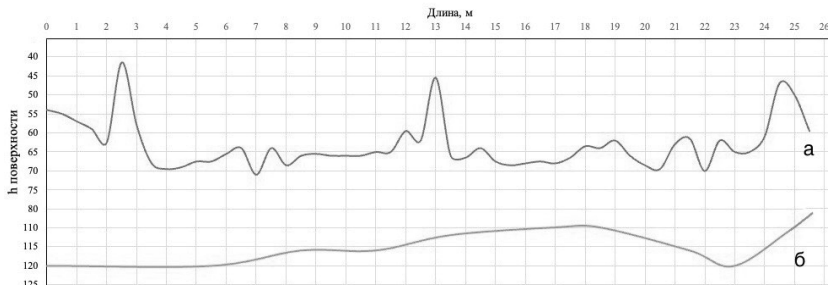


Рисунок 1. Микрорельеф поверхности почвы (а) и подстилающей породы (б) по трансекте № 1.

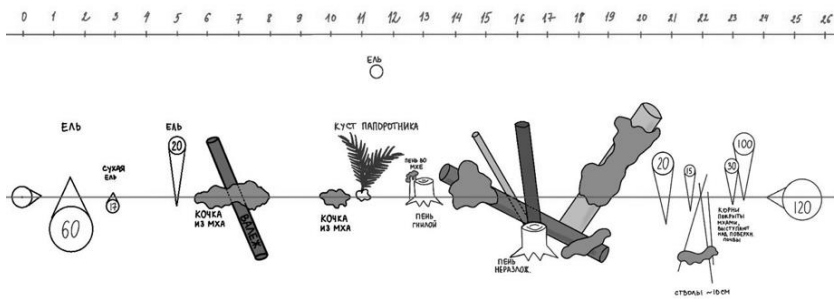


Рисунок 2. Вид поверхности сверху вдоль трансекты № 1.

### Литература

1. Роде А.А. Экскурсия в Лисинское учебно-опытное лесничество Ленинградской технической академии лесного хозяйства. 1930.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. Б.Ф. Апариним.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЯ ПАСТБИЩНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГОРНЫЕ ЛУГОВО-СТЕПНЫЕ СУБАЛЬПИЙСКИЕ ПОЧВЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

К.Х. Даова

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН,  
г. Нальчик, karina.daova@mail.ru

The work determined the influence of pasture impact on the physico-chemical parameters of the soils of the subalpine meadow ecosystems of the

Central Caucasus. Under pasture impact, there is a decrease in the average soil indicators, which is statistically significant only in terms of density.

Луговые экосистемы субальпийского пояса Центрального Кавказа (1500–2500 м н.у.м.) традиционно используются под сенокосы и пастбища. Нерегулируемая хозяйственная деятельность приводит к трансформации и деградации горных ландшафтов.

Целью исследования является оценка влияния пастбищного воздействия на основные физико-химические показатели почв субальпийских луговых экосистем Центрального Кавказа. Объект исследования – горные лугово-степные субальпийские почвы Безенгийского ущелья Кабардино-Балкарии (1500–1700 м н.у.м.).

В процессе полевых исследований 2021 г. изучали морфогенетические показатели исследуемых почв, а также определили основные параметры (плотность, pH (KCl 0.1 н), содержание гумуса), характеризующие физико-химические свойства верхних горизонтов (0–10 см) естественных и пастбищных почв 12 мониторинговых площадок. Статистическую обработку полученных данных осуществляли в программе STATISTICA 10.0 при уровне значимости  $\alpha \leq 0.05$ . Полученные данные (табл.), указывают, на существенные изменения, произошедшие в исследуемых почвах, под воздействием высокой пастбищной нагрузки (более 30 овцеголов/га).

Таблица. Средние показатели верхних горизонтов (0–10 см) горных лугово-степных субальпийских почв Безенгийского ущелья.

Почвы	Показатели		
	pH (KCl 0.1 н)	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Содержание гумуса, %
Естественные	5.34±0.15	0.84±0.02	11.57±0.15
Пастбищные	6.17±0.28	1.26±0.08	7.54±1.20

Выявлено, что при пастбищном воздействии происходит существенное уплотнение верхних горизонтов почвы. Анализ полученных данных свидетельствует, о статистически значимом различии показателей плотности сложения естественных и пастбищных почв ( $t=-3.06$ ;  $p=0.022$ ). Установленное уплотнение почв связано с образованием скотобойных троп, разрушением и удалением дернового горизонта. Повреждение растительного покрова оказывает влияние на гидротермический режим почв, что проявляется в тенденции к подщелачиванию верхних горизонтов пастбищных почв ( $t=-1.40$ ;  $p=0.19$ ). Выпас скота приводит к существенному снижению содержания гумуса, которое составляет 35 %

(значимость различий также на уровне тенденции:  $t=1.6$ ;  $p=0.15$ ), что является подтверждением деградации исследуемых почв.

Полученные сведения пополняют базу данных необходимую для мониторинга, прогнозирования состояния и сохранения уникального хозяйственного и природного ресурса – горных лугово-степных субальпийских почв Центрального Кавказа.

Работа рекомендована к.б.н., доц. О.Н. Горобцовой.

УДК 66.974.434

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕР ПО ОХРАНЕ ПОЧВЫ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

Ж.А. Досмаганбет<sup>1</sup>, Ж.С. Саркулова<sup>2</sup>, Е.П. Котик<sup>3</sup>, М.У. Еримбетова<sup>4</sup>  
Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе,  
Казахстан, zhadi\_0691@mail.ru

The article considers the problem of soil pollution at the Karachaganak deposit of the Republic of Kazakhstan. Data on the content of harmful substances near settlements located on the territory of the deposit are given. Recommendations for the restoration of the soil cover are given.

В нефтяной промышленности много объектов и различных технологических процессов, служащих источниками утечек углеводородов (или других рабочих агентов) и загрязнения окружающей среды.

Сущность проблемы охраны литосферы состоит в обеспечении рационального использования природных ресурсов и безопасном ведении работ при разных стадиях разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений.

Оценить и проанализировать состояние почвы можно, проводя мониторинг на тех участках месторождения, где сохранился растительный покров и на рекультивированных участках месторождения.

Чтобы оценить загрязнение почвы определяют среднюю кратность превышения ПДК. Она находится как частное от фактической концентрации на предельно допустимую концентрацию и на количество проб по каждому классу опасности

$$K_{\text{почвы}} = C/\text{ПДК}/П$$

В табл. 1 приведены критерии загрязнения почвы. Они нам нужны для того, чтобы оценить суммарный уровень загрязнения почвы. Для этого среднюю кратность превышения ПДК умножают на коэффициент



адаптивности для 4 классов опасности (1.0; 0.5; 0.3; 0.25) и складывают их значение. Затем сравнивают со значениями, приведенными в табл. 1, и определяют уровень загрязнения почвы [1].

Таблица 1. Критерии уровня загрязнения почвы [1].

Уровень загрязнения почвы	Суммарный показатель загрязнения
Допустимый	До 1
Слабый	1–3
Умеренный	3–10
Высокий	10–25
Очень высокий	25–50
Чрезвычайно высокий	Более 50

Почва в зоне влияния многих месторождений нефти и газа интенсивно загрязнена, как например, на месторождении Карачаганак (табл. 2). Из таблицы видно, что многие вредные элементы близки к предельно допустимым нормам. Территория месторождения Карачаганак характеризуется сильными ветрами, которые разносят вредные вещества на довольно большие расстояния, что и показывает расчет суммарного показателя загрязнения.

Земельные ресурсы контрактной территории месторождения Карачаганак (разработку ведут по контракту акционеры: Роял Датч Шелл плс – 29.25 %; ENI – 29.25 %; Шеврон – 18 %, Лукойл – 13.5 % и КазМунайГаз – 10 % и компания называется «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В.») используются для ведения сельского хозяйства и выращивания кормов для животноводства, поэтому загрязнение, переносимое вследствие сильных ветров, является серьезной проблемой [2].

Таблица 2. Загрязнение почвы в зоне влияния месторождения [2].

Населенные пункты в зоне влияния	Химические элементы в почве, мг/кг								
	H <sub>2</sub> S	Pb	Фенол	Co	Cr <sup>3+</sup>	Cu	Mo	V	Mn
Тунгуш	0.023	25	70	20	30	15	2.3	120	1200
Березовка	0.046	25	60	15	40	15	2.2	90	1000
Бестау	0.030	30	60	15	40	15	2.0	110	1200
Алга	0.084	25	70	15	30	18	1.9	120	800
Каракемир	0.036	22	70	22	60	16	2.0	120	700
Карачаганак	0.047	26	70	12	40	15	2.0	110	1000

Месторождение Карачаганак расположено в основном в зоне сухих степей, где растения засухоустойчивы и в основном представлены сукулентными формами, многие из которых имеют густое опушение и поэтому можно считать, что большинство растений на данной территории газоустойчивы. Такие растения составляют естественные кормовые ресурсы данного региона и в основном представлены солянковой растительностью: биюргун, сарсазан, поташники, гребенщики, жузгуны, полыни, итсигек, однолетние солянки [2].

Для того чтобы вернуть загрязненную почву в состав сельскохозяйственных угодий, требуется провести рекультивацию и искусственное озеленение. Если произошел выброс или разлив нефти, то необходимо удалить и вывести верхний слой почвы и восстановить естественный растительный покров.

Компания Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В. большое внимание уделяет планированию мероприятий по охране окружающей среды. Внимание уделяется не только охране почвы, но и охране водных и воздушных ресурсов, животного мира, а также других объектов окружающей среды. Компания проводит оценку уровня вредного влияния на окружающую среду, возникающие при добыче углеводородного сырья. Следит за содержанием вредных выбросов в окружающую среду, уровень которых не должен превышать максимально допустимой концентрации.

#### Литература

1. *Геологический отчет* об итогах производственной деятельности за 2002 год. КПО б.в., Аксай 01.01.2003 год.
2. *Проект разработки и эксплуатации* КНГКМ, КПО б.в., Аксай 2008 год.

Научный руководитель PhD Ж.С. Саркулова.

УДК 631.45

### ТЕХНОГЕННЫЙ ФАКТОР НАКОПЛЕНИЯ ПАУ В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ДОН

Т.С. Дудникова, А.И. Барбашев, Г.М. Бакоева,

Е.Г. Шуваев, Е.И. Тихоненко, Е.А. Антоненко

Южный федеральный университет, tyto98@yandex.ru

This study presents the main patterns of PAHs accumulation in the floodplain soils of the Don River delta used by the shipping channel. It is shown

that the maximum accumulation of pollutants reaches 9376 µg/kg in soils in the mixing zone of the waters of the Taganrog Bay and the Don River Delta.

Дельта реки Дон – это уникальное природное образование, выполняющее важную экологическую функцию, являясь нерестилищем исчезающих видов рыб. В то же время, на территории дельты функционирует крупный судоходный канал, соединяющий Таганрогский залив и р. Дон. Судоходство является источником канцерогенов группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в том числе бенз(а)пирена (БаП) – вещества 1-го класса опасности. Предельно допустимая концентрация (ПДК) БаП в почве составляет 20 мкг/кг. Накопление ПАУ в пойменных почвах дельты особенно опасно, так как активный смыв поллютантов с почвенной массой в период половодья (весной) совпадает с нерестом рыб.

Цель: изучить влияние техногенного фактора на накопление ПАУ в пойменных почвах дельты реки Дон.

В качестве объекта исследования выступали аллювиальные луговые насыщенные почвы. Свойства почв варьируют в следующих пределах: pH – 7.3–7.5, содержание органического углерода – 1.2–2.0 %, физической глины 14.9–19.4 %, ила – 4.9–8.9 %. Площадки мониторинга расположены вниз по течению судоходного канала Таганрогский залив – р. Дон с координатами: 47°11'8.26"С и 39°37'43.90"В – № 1 (северо-восточная часть дельты), 47°8'8.49"С и 39°27'9.72"В – № 2 (центральная часть дельты), 47°6'20.22"С и 39°18'25.82"В (юго-западная часть дельты – зона смешения вод Таганрогского залива и дельты р. Дон).

Отбор проб осуществлен на глубину 0–20 см. Экстракция ПАУ из почвы проведена гексаном. Количественный анализ ПАУ в экстракте осуществлен с использованием хроматографа Agilent 1260. В настоящей работе определено содержание 16 ПАУ, входящих в список приоритетных поллютантов Агентства по охране окружающей среды США: нафталин, антрацен, аценафтен, аценафтилен, фенантрен, флуорен, флуорантен, пирен, хризен, бенз(а)антрацен, БаП, бенз(б) и бенз(к)флуорантен, дибенз(а,һ)антрацен, бенз(ɡ,һ,і)перилен, индено(1,2,3-сд)пирен.

В результате исследования установлено, что по содержанию ПАУ почвы образуют следующий ряд: № 1 – 400 мкг/кг > № 2 – 1729 мкг/кг > № 3 – 9376 мкг/кг. Аналогичный ряд наблюдается по количеству БаП в почве: № 1 – 22 мкг/кг > № 2 – 201 мкг/кг > № 3 – 2013 мкг/кг, что соответствует превышению ПДК в 1.1, 18 и 100 раз.

Таким образом, содержание ПАУ в почвах увеличивается вниз по течению судоходного канала. Максимальная техногенная нагрузка приходится на почву площадки мониторинга № 3, расположенную в зоне смещения вод Таганрогского залива и дельты р. Дон.

Проект Министерства науки и высшего образования РФ по поддержке молодежной лаборатории «Агробиотехнологии для повышения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции» в рамках программы развития межрегионального научно-образовательного центра Юга России (ЛабНОЦ-21-01АБ).

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

УДК 631.4

АНТРОПОГЕННЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ПОЧВАХ ИСТОРИЧЕСКОГО  
ЦЕНТРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ИХ ВЛИЯНИЕ  
НА СВОЙСТВА ПОЧВ

С.А. Егорова

Санкт-Петербургский государственный университет  
egorovas7921@gmail.com

The aim of the work is to determine the main types of soil anthropogenic artefacts in the historical part of St. Petersburg and their direct impact on soil properties. The three soil profiles are anthropogenic soils, which are varieties of urbostratozems. A significant cultural layer is mainly characterized by construction debris and inclusions witnessing economic activity. This results in slightly alkaline reaction; the presence of carbonates, an increased content of organic carbon for some horizons.

Санкт-Петербург – многомиллионный город с богатой историей, являющийся политическим, культурным и экономическим центром. В процессе развития мегаполиса его почвенный покров постоянно трансформируется, в нём начинают преобладать особые городские почвы, которые содержат антропогенные включения – уникальные свидетельства жизнедеятельности людей, способные обеспечить исследователя ценной информацией о взаимодействии человека и городского ландшафта.

Целью работы является определение основных типов антропогенных включений в исторической части Петербурга и выявление особенностей их непосредственного воздействия на свойства почв.

Три изучаемых разреза, заложенных на территориях Петропавловской крепости, Чесменского дворца и Румянцевского сквера, приурочены к археологическим раскопам. Это насыпные почвы, которые представляют собой разновидности урбостратоземов. Во всех изученных почвах преобладала щелочная реакция (рН водной суспензии 7.5–8.3). Содержание углерода органических соединений сильно варьировало по профилю, в зависимости от характера насыпных слоев и наличия погребенных горизонтов (от 0.20 до 8.35 %), в поверхностных горизонтах содержание  $C_{орг.}$  составляло 1.3–3.1 %. Почти все горизонты вскипают от соляной кислоты из-за присутствия карбонатов.

Содержание фракции скелета (частиц 1–10 мм) в исследованных образцах почв составляло от 1–4 % в почвообразующей породе до 40–60 % в горизонтах урбик. Естественно, что значительная часть скелета изучаемых почв была представлена обломками естественных минералов, которые входили в состав почвообразующей породы, т.е. кварца и полевых шпатов. Однако, городские почвы как сложные природно-антропогенные образования, представляют собой сочетание культурного слоя и, в некоторых случаях, погребенных природных горизонтов. Наиболее существенная часть культурного слоя – строительный мусор (кирпич, битый камень, известь, строительный раствор), а также включения, говорящие о хозяйственной деятельности (частицы угля, осколки стекла и керамики). Встречаются также кости животных, трансформированные в результате длительного нахождения в почве. Сравнительная оценка содержания  $CaCO_3$  в мелкоземе и включениях для разреза в Румянцевском сквере показала, что наибольший вклад в подщелачивание, как и предполагалось, вносят включения строительного раствора на основе извести. При этом наблюдается тенденция снижения содержания карбоната кальция во включениях с глубиной, по мере увеличения возраста слоев и нарастания увлажнения почвы, хотя мелкозем при этом сохраняет щелочную реакцию.

Таким образом, почвы исторического центра Санкт-Петербурга подверглись значительным преобразованиям в результате интенсивного воздействия урбанизации, которые повлияли как на физические, так и на химические характеристики почв. Такие антропогенные материалы как, например, известь, обладают высокой химической реакционной способностью, что приводит к значительному изменению свойств почв. Для почв характерна приобретённая слабощелочная или щелочная реакция среды; наличие карбонатов, повышенное содержание органического углерода в некоторых горизонтах.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. каф. биогеографии и охраны природы СПбГУ К.А. Бахматовой.

УДК 631.423

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ  
НА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ОЗЕРУ КУЧУК  
(АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

О.Р. Жунусова

Санкт-Петербургский государственный университет  
zhun.oksana@gmail.com

We analyzed surface soil samples and samples from soil profiles located in areas with varying degrees of the technogenic impact caused by the development of a sodium sulfate deposit, Lake Kuchuk.  $\text{Na}^+$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  predominate among the ions. With increasing distance from the deposit, soil salinity decreases, and cationic and anionic diversity increases.

Озеро Кучук представляет собой месторождение мирабилита ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), разрабатываемое предприятием ОАО «Кучуксульфат». По содержанию солевых компонентов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) рапа озера относится к сульфатному типу (по классификации Курнакова-Валяшко) и характеризуется высокой минерализацией. Разработка месторождения производится следующим способом: в теплое время года поверхностная рапа озера Кучук закачивается в садовый бассейн, где осенью при охлаждении происходит осаждение мирабилита. Обедненная сульфатом натрия рапа сбрасывается обратно в озеро, где ее состав восстанавливается за счет растворения мирабилита корневой залежи. Прилегающая к озеру территория характеризуется как естественным засолением, так и техногенным, возникающим преимущественно за счет ветрового разноса частиц тенардита (безводного сульфата натрия) с поверхности садового бассейна.

Для изучения закономерностей поверхностного распределения засоленности почв территории были отобраны почвенные пробы, в которых определялись значения сухого остатка. Установлено, что превышение фоновых значений содержания солей характерно для относительно небольшого участка к северо-востоку от садового бассейна, что соответствует преимущественному направлению ветров.

Для определения глубинного распределения солей были проанализированы методом водных вытяжек (соотношение почва:вода 1:5) образцы из 4 почвенных разрезов, заложенных на разном удалении от садового бассейна (0,1, 1, 4,5 км), из которых один рас-

положен к западу от бассейна (на расстоянии 1 км), а три других – к северо-востоку. Почвы разрезов представлены солонцами, а почвы наиболее удаленного разреза (4.5 км) – черноземом. В водных вытяжках проводилось определение ионов  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и сухого остатка.

Установлено, что сумма водорастворимых солей в пробах разрезов уменьшается с удалением от объектов предприятия. Также она меньше в пробах разреза с западного берега, чем в пробах разреза, расположенного на том же расстоянии от бассейна, но на противоположном берегу. В подавляющем большинстве проб установлен сульфатно-натриевый тип засоления. При приближении к садовому бассейну катионное и анионное разнообразие заметно уменьшается, а степень доминирования ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  увеличивается. Максимум солей приходится на глубину 70–80 см для солонцов и 33–42 см для чернозема. Степень засоления солонцов определена как сильная, средняя и слабая, а чернозема – как незасоленная.

Работа рекомендована д.г.-м.н., проф. М.В. Чарыковой.

УДК 579.64:631.46

#### БИОСОРБЦИЯ ИОНОВ МЕДИ ШТАММОМ *BACILLUS MYCOIDES*, ВЫДЕЛЕННЫМ ИЗ ХЕМОЗЁМА

В.В. Зинченко, С.В. Козьменко, Ф.Ф. Амирджанов,

А.В. Горовцов, С.Н. Сушкова

Южный федеральный университет, zinj007@gmail.com

In this work, we studied the ability of the metal-resistant *Bacillus mycooides* strain isolated from the sediments of Lake Atamanskoye to adsorb copper. According to the Langmuir isotherm model, the constant was 5.26, and the maximum adsorption of heavy metals was 5657 mmol/g.

В настоящее время на экосистемы воздействует высокая антропогенная нагрузка: выбросы предприятий металлургии, машиностроения и транспорта содержат высокие концентрации тяжелых металлов, в частности меди. В последнее время большую популярность получили биологические методы нейтрализации загрязнений медью, один из которых – биосорбция с помощью микроорганизмов [1].

Целью данной работы была оценка способности металлоустойчивого штамма *Bacillus mycoides* к адсорбции ионов Cu из буферных растворов.

Материалы и методы. Используемый для исследования штамм был выделен из образцов хемозёма (Spolic Technosol) сформированного на донных отложениях озера Атаманское. При помощи секвенирования гена 16S рРНК и масс-спектрометрии MALDI-TOF данный штамм был идентифицирован как *Bacillus mycoides*. Для получения данных о влиянии равновесной концентрации на эффективность сорбции был приготовлен ряд буферов с оптимальным для процесса сорбции исследуемым штаммом рН среды 5 и концентрациями меди 0.02; 0.05; 0.08; 0.1; 0.3; 0.5; 1 ммоль/л. К чистой культуре штамма приливался буфер с соответствующей концентрацией Cu в соотношении 1:10. После инкубации чистой культуры супернатант разбавляется в соотношении 1:100 с дистиллированной водой и анализировался при помощи атомно-абсорбционного спектрометра «Квант 2мт».

Результаты и обсуждение. Модель изотермы Ленгмюра с различными концентрациями металлов показала высокую корреляцию ( $r^2=0.9935$ ) с экспериментальными данными. Константа Ленгмюра составила  $5.26\pm 0.77$ , величина максимальной адсорбции тяжелых металлов составила  $5657.5\pm 378.2$  ммоль/г. Таким образом исследуемый биосорбент имеет высокое сродство с ионами Cu, однако его сорбционная емкость сравнительно небольшая.

#### Заключение

Данный штамм является перспективным для применения в биоремедиации, т.к. сродство биосорбента к подвижной меди остается высоким, что является необходимым условием для эффективной адсорбции металла.

#### Литература

1. Yin K. et al. Microorganism remediation strategies towards heavy metals // Chemical Engineering Journal. 2019. Т. 360. С. 1553–1563.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ, проект № 19-74-10046.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.



ЭЛЮВИАЛЬНО-ИЛЛЮВИАЛЬНЫЙ ТИП РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
ЦЕЗИЯ-137 В ПРОФИЛЕ ТОРФЯНО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЫ

Е.Д. Иванов

Санкт-Петербургский государственный университет  
evgeniy\_ivanov2000@mail.ru

An eluvial-illuvial type of caesium-137 distribution in the gistic gleysols profiles was found in two ecosystems in the vicinity of the Mshinskoe Swamp Reserve (Leningrad region), which is associated with a violation of the hydrological regime as a result of reclamation measures and the removal of the peat deposit part.

В результате измерения удельной активности цезия-137 в профиле торфяной и торфяно-глеевой почв верховых болот и заболоченных участков леса в окрестностях заказника «Мшинское болото» установлено, что ее максимум приурочен к верхней части почвенного профиля и с глубиной резко снижается.

Такой тип обусловлен активностью вегетативных точек роста сфагнового мха, повышенной кислотностью среды, приводящей к миграции цезия, и физико-механическими свойствами стеблей мха, сохраняющимся после отмирания живых клеток.

Цель работы – на примере заболоченных участков леса с торфяно-глеевой почвой проанализировать распределение цезия-137 с двумя максимумами активности в профиле.

Материалы и методы. Образцы почвы были отобраны в двух экосистемах: 1. (N 59°04.781', E 030°25.326', H 70 м); 2. (N 59°04.489', E 030°27.321', H 57 м). Рядом с первой экосистемой проложена дренажная канава, а из второй садоводами десять лет назад была изъята часть торфяной залежи. Удельную активность измеряли на радиометре «Бета» в образцах, высушенных до воздушно-сухого веса, а изотопный состав определяли методом гамма-спектрометрии.

Результаты и их обсуждение. В исследованных образцах почвы первый максимум активности приурочен к верхней части торфяного горизонта (табл.). С увеличением глубины удельная активность цезия-137 снижается. В перегнойном горизонте удельная активность увеличивается и наблюдается второй максимум, а ниже, в минеральном, снова снижается.

Установленное распределение можно отнести к элювиально-иллювиальному типу. Возможно, что второй максимум удельной активности в перегнойном горизонте обусловлен связыванием цезия-137.

Таблица. Распределение цезия-137 в торфяно-глеевой почве.

Н, см	Горизонт	$\bar{Q} \pm \Delta Q^*$ , Бк/кг	$\bar{Q} \pm \Delta Q^*$ , Бк/кг
		1	2
0+10	Очес	656±47	421±13
0–5	Торфяной	304±25	261±18
5–10	Торфяной	255±30	230±18
10–20	Торфяно-перегнойный	209±14	185±11
20–30	Перегнойный горизонт	428±15	382±16
30–35	Глеевый	231±11	199±10

Примечание: \* – расчёт доверительного интервала средней активности (Бк/кг) проведён при уровне значимости  $p < 0.05$ .

Причиной преобладания элювиально-иллювиальных процессов распределения радионуклида в профиле, вероятно, является нарушение капиллярных свойств побегов сфагнома в результате мелиоративных воздействий, которые испытывали и продолжают испытывать на себе две указанные экосистемы.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. Б.Ф. Апариним.

УДК 631.438.2

## НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 ЛИСТЬЯМИ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО ИЗ АЛЛЮВИАЛЬНО-ДЕРНОВОЙ ПОЧВЫ

В.Д. Иванова

Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина,  
Санкт-Петербург, verochka\_2006@mail.ru

The specific activity of cesium-137 in fluvisols and leaves of *Chamaenerion angustifolium* has been established.

В ряде мест поймы малой реки Кременка (Ленинградская обл., Гатчинский р-н), на аллювиально-дерновой почве, встречаются заросли Иван-чая – Кипрея узколистного – *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., листья которого используются, как заменитель чая.

В условиях глобального загрязнения экосистем цезием-137 необходимо проводить мониторинг содержания радионуклида в почве и растительном сырье.

Цель работы – установить удельную активность цезия-137 в аллювиально-дерновой почве и листьях Кипрея узколистного.

Материалы и методы. Места отбора образцов почвы были выбраны по приуроченности к местам обильного произрастания Иван-чая. Отбор почвенных образцов был проведен с глубины максимального распространения корневой системы Иван-чая – 3–10 см в следующих точках: I. (N 59°04.472', E 030°27.556'), II. (N 59°04.444', E 030°27.611'), III. (N 59°04.421', E 030°27.623') IV. (N 59°03.469', E 030°28.204').

Места сбора I, II, III расположены на расстоянии 100 м друг от друга в окрестностях старицы, а место сбора IV расположено ниже по течению на 2 км.

Образцы почвы и растительного сырья высушивали в потоке теплого воздуха до постоянного веса. Расчет удельной активности почвы и листьев был проведен на радиометре «Бета».

Результаты и их обсуждение. В таблице представлены результаты измерения.

Таблица. Удельная активность цезия-137 в сухих листьях и корнеобитаемом горизонте почвы.

Место сбора	Активность в листьях*, Бк/кг	Активность почвы*, Бк/кг	КН
I.	436±23	162±15	2.7±0.4
II.	501±29	147±11	3.4±0.5
III.	460±24	165±7	2.8±0.3
IV.	491±45	142±10	3.5±0.6

Примечание: \* – расчёт доверительного интервала средней активности (Бк/кг) проведён при уровне значимости  $p < 0.05$

Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  корнеобитаемого слоя почвы варьирует в диапазоне от 142 до 165 Бк/кг.

Коэффициент вариации удельной активности для измеренных образцов (табл.), в верхнем горизонте аллювиально-дерновой почвы, составляет 7.3 %, что свидетельствует о ее незначительной изменчивости.

Удельная активность в растительном сырье несколько превышает допустимые значения в 400 Бк/кг. Коэффициент накопления (КН) табл. варьирует в диапазоне от 2.7 до 3.5. Коэффициент вариации удельной активности (табл.) в сухих листьях составляет 6.3 %, что позволяет охарактеризовать изменчивость удельной активности как незначительную.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Д.М. Ивановым.

УДК 630\*114 (470.41)

## НАПРАВЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А.В. Игнашева, Р.Р. Мухаметзянов, А.Г. Шайхутдинов

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ (обособленное подразделение ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»), Казань  
a.ignshv@mail.ru

Aspects of physical and chemical degradation of soils under the influence of emissions from industrial enterprises and transport, oil production, the use of heavy machinery, chemicals in production, high recreation are considered. Erosion processes are developed on sloping, coastal lands.

Природные экосистемы Республики Татарстан испытывают интенсивную антропогенную нагрузку, которая негативно влияет на земельные ресурсы. Деградация почв происходит при отведении земель под строительство нефтяных сооружений, интенсивной добычи нефти (юго-восточные районы), химическом загрязнении территорий выбросами нефтепродуктов. Состояние почв ухудшается во время переувлажнения территорий, засоления, что характерно в районах нефтедобычи.

Загрязняющие вещества накапливаются в почвах вследствие воздействия городских сточных вод, выбросов в окружающую среду промышленными предприятиями. Интенсивно применяемые пестициды, удобрения на сельскохозяйственных угодьях, в лесных питомниках, отходы предприятий, загрязняющие вещества от транспорта оказывают отрицательное влияние на почвенный покров. Уничтожение плодородного слоя почв происходит при отчуждении земель под промышленное строительство. К разрушению педосферы приводит добыча полезных ископаемых открытым способом. Агроландшафты вблизи крупных промышленных предприятий испытывают высокую техногенную нагрузку.

При высокой рекреации, в результате пастьбы скота в лесу деградирует подстилка, повышается плотность сложения, уменьшается биологическая активность почв. Изменение свойств почв более ясно проявляется в почвах тяжелого гранулометрического состава, где образуется уплотненная корка мощностью от 3 до 7 см. Структура почвенного покрова становится однотипной, снижается почвенное плодородие, разнообразие растений. При использовании тяжёлых машин в лесу и агробиогеоценозах характерна трансформация почвенного покрова. Наблюдается механическое уничтожение верхнего плодородного слоя почвы мощ-

ностью 4–9 см, уплотнение, ухудшение структуры и уменьшение водопроницаемости почв.

На водораздельных территориях распространены склоновые земли различной крутизны, овражно-балочные системы. Интенсивная обработка почв агроценозов, большая распаханность территорий, рельеф местности способствуют интенсивному развитию эрозионных процессов, смыву гумусового слоя почв. В республике процессам водной эрозии подвержены более 40 % пашни, при этом доля эродированных и дефлированных земель продолжает увеличиваться (Госдоклад ...2020). Низкая облесённость пашни республики (в среднем составляет 3.4 % при оптимуме не менее 4.7–7 %) является одним из факторов развития процессов эрозии и дефляции. В прибрежных территориях развиты оползневые процессы. В среднем до 30–45 % береговой зоны рек нуждаются в лесомелиоративных мероприятиях.

Работа рекомендована д.б.н. А.Т. Сабировым.

УДК 631.40

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ РЕДКОСШИТОГО ГИДРОГЕЛЯ

Л.О. Ильясов, Н.А. Храбров

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
illeo98@mail.ru

This work presents a hydrogel that has complex action on soil stability and is able to biodegrade. It greatly improves the available water range of sandy soil and creates a protective crust on the substrate surface, which is stable against wind and water streams. It can also serve to absorb metal ions from soil (like  $\text{Cu}^{2+}$ ) or as a reservoir for nutrients.

В последние годы, полиэлектролиты активно применяются в качестве почвенных мелиорантов по двум основным направлениям. Первое – это обработка почв растворами линейных полимеров для образования полимер-почвенных покрытий, корок, защищающих от водной и ветровой эрозии. С другой стороны, используют полимеры сетчатой структуры, набухающие в водной среде с образованием гидрогелей. Подобные добавки улучшают водный режим почв, предотвращают испарение воды, ее гравитационный сток. Однако, в литературе практически не встречаются описания комплексно-действующих полимерных

почвенных кондиционеров, способных справиться с обеими описанными задачами.

В данной работе показано использование сшитого сополимера акриламида, акрилата калия и крахмала (АМ-АК-Крахмал#) в качестве добавки-мелиоранта с комплексным действием. Содержание сшивки составило 0,04 мас. %. Сухой сополимер измельчали до гранул 0,25–0,5 мм и вносили в образцы песка и супесчаной почвы.

В первую очередь, способность сополимера к набуханию снижается при помещении в субстрат. Данное явление обусловлено внешним давлением со стороны песка/почвы на гидрогель, вследствие чего, он не способен поглощать максимальное количество влаги. Однако, АМ-АК-Крахмал# все еще демонстрировал увеличение диапазона доступной для растений влаги вплоть до уровня хорошо агрегированных плодородных суглинистых почв (16 %) при содержании 0,5–0,8 % от массы субстрата. Кроме того, при разбрызгивании водной взвеси АМ-АК-Крахмал# на поверхности песка и почвы формировались водостойкие защитные покрытия (корки), которые не разрушались под действием штормового ветра или дождевания/потоков воды. Также набухший гидрогель способен поглощать ионы меди из растворов, что свидетельствует о возможном применении его для очистки почв от тяжелых металлов.

Для сравнения использовали коммерческий гидрогель AQUASORB (SNF, Франция), с гранулами того же размера. В данном случае гидрогель оказался способен лишь к удержанию влаги; удовлетворительных защитных покрытий на основе AQUASORB получить не удалось.

Таким образом, показано, что гидрогель с крайне низкой степенью сшивки является многофункциональным мелиорантом, комплексно улучшающим качество почвы, что не встречается для коммерческих мелиорантов.

Работа рекомендована к.х.н., с.н.с. И.Г. Пановой.

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ СОРБЦИИ МЕДИ ПОЧВАМИ ОТ  
ИХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

А.Д. Иовчева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
РАН, Пушкино, y\_nastia@mail.ru

The study experimentally proved a decrease in the sorption capacity of soil towards copper cations when the proportion of sand in its granulometric composition increases. The sorption selectivity decreases more sharply in contrast to the moderate decrease of maximum adsorption, which seems to be due to the influence of soil organic matter.

Исследование поведения тяжелых металлов (ТМ) в почвах остается актуальным уже более века, что связано с не прекращающимся их поступлением в результате техногенеза [2]. Изучение сорбционных характеристик почв позволяет оценивать прочность закрепления в них ТМ, в том числе Cu, следовательно, прогнозировать риски перераспределения ТМ между компонентами ландшафта. Теоретически установлено, что сорбционные характеристики почвы во многом зависят от ее гранулометрического состава: чем меньше размер почвенных частиц, тем больше площадь их адсорбирующей поверхности [1]. Таким образом иммобилизация ТМ в песчаных малогумусных почвах должна быть выражена слабее всего.

Цель исследования – оценить влияние изменения гранулометрического состава серой лесной почвы на ее сорбционную способность по отношению к ионам меди.

В исследовании использованы образцы (горизонт АУ) серой почвы, отобранной на территории опытно-полевой станции ИФХиБПП РАН. Для оценки влияния гранулометрического состава на сорбцию готовили субстраты (смеси) из почвы и отмытого песка, с массовой долей последнего: 25 %, 50 % и 75 %. Далее проводился сорбционный эксперимент: одинаковые навески исходной почвы и приготовленных субстратов заливали раствором ацетата меди разной концентрации (от 2 до 200 мг/л) в соотношении почва: раствор – 1:10. Суспензии встряхивались в течение 4 часов и оставлялись на 20 часов покоя с последующим центрифугированием и фильтрацией. Анализ фильтрата на содержание меди проводился методом пламенной ААС на приборе «АAnalyst 400» фирмы PerkinElmer (США) в ЦКП ПНЦБИ РАН. Количество поглощенных катионов Cu рассчитывали по разности между содержанием в исходном растворе и в рав-

новесном (т. е. в фильтрате). С помощью уравнения Лэнгмюра ( $y = K \cdot C \cdot x / (1 + K \cdot x)$ ), где  $y$  – количество (в ммоль/кг) поглощенной  $Cu$ ,  $x$  – концентрация (в ммоль/л)  $Cu$  в равновесном растворе, были высчитаны параметры сорбции:  $C$  – максимальная адсорбция ммоль/кг и  $K$  – константа, характеризующая сродство сорбента к сорбтиву, л/ммоль.

Проведенный эксперимент подтвердил теоретические представления об ухудшении сорбционных характеристик почвы при увеличении доли песка в ее составе (табл. 1). Количественная характеристика поглощения –  $C$  (mmol/kg) уменьшается постепенно, что связано, по-видимому, с сохранением сорбционной способности органического вещества при изменении соотношения минеральных фракций. Только при внесении 50 % песка и более выявлено заметное уменьшение максимальной адсорбции ( $\approx$  в 1.5–2 раза). Параметр  $K$ , отражающий селективность сорбции, падает быстрее (почти в 1.5 раза уже при 25 % песка).

Таблица 1. Изменение сорбционных характеристик почвы как следствие изменения ее гранулометрического состава.

Почва или субстрат	Максимальная адсорбция (C, ммоль/кг)	Константа сродства (K, л/ммоль)
Серая 0 % песка	36.43±2.15	14.28±2.10
Серая 25 % песка	33.39±2.04	9.14±1.46
Серая 50 % песка	24.01±1.35	10.64±2.12
Серая 75 % песка	17.65±1.28	6.03±1.66

Снижение селективности может быть связано с конкуренцией катионов  $H^+$  и  $Cu^{2+}$  за сорбционные места при подкислении раствора в результате добавления в систему отмытого песка.

### Литература

1. *Адсорбция тяжелых металлов* почвами и горными породами. Характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции. аналит. обзор / В.С. Путилина, И.В. Галицкая, Т.И. Юганова; Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Учреждение Рос. акад. Наук. Ин-т геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2009. – 155 с. (Сер. Экология. Вып. 90).

2. *Ильин В.Б., Сысо А.И.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2001 – 229 с.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Д.Л. Пинским.



ПОЛИЭЛЕМЕНТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК  
В УСЛОВИЯХ ИХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ

П.В. Качанович

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест  
tyres810@gmail.com

The distribution of polyelemental pollution of forest litter under the conditions of the Zeleny Bor geochemical anomaly is determined by the direction of wind transport in the area and the protective effect of vegetation.

Исследуемая территория расположена в 0.7 км к северо-востоку от поселка Зеленый Бор (Ивацевичский район) Брестской области. Её химическое загрязнение произошло в результате несанкционированного складирования, 3-х летнего хранения и погрузки при вывозе ориентировочно около 10 тыс. т золы свинцовой (2018 г.).

Необходимость исследования полиэлементного характера загрязнения геохимической аномалии «Зеленый Бор» была определена, исходя из вещественного состава золы свинцовой и основываясь на результатах определения содержания ТМ в лесных подстилках.

Для оценки полиэлементного загрязнения территории использовался суммарный показатель Саета ( $Z_{cm}$ ), рассчитанный с использованием значений субрегионального фона юго-запада Беларуси (мг/кг): Pb – 5.39; Cd – 0.09; Cu – 1.29; Zn – 7.43; Mn – 109.6; Ni – 0.66; Co – 0.45; Cr – 1.85. Пробы почв отбирались на расстоянии 5, 20, 30, 45, 60, 75, 100, 120, 140, 160 м от источника загрязнения – краёв площадки складирования. Для трансекты в север-восточном направлении  $Z_{cm}$  равен соответственно: 483, 161, 259, 168, 110, 90, 109, 77, 56, 30. Для трансекты в восточном направлении: 1372, 1168, 304, 309, 133, 155, 131, 111, 57, 41. Для трансекты в юго-восточном направлении: 684, 430, 323, 167, 85, 88, 65, 53, 48, 45. Основываясь на результатах проведённых исследований выявлено, что:

– максимальное полиэлементное загрязнение лесных подстилок наблюдается в восточном секторе лесного массива. При этом зона чрезвычайно опасного полиэлементного загрязнения простирается вглубь леса от края площадки на расстояние до 100 м;

– на удалении в 20–45 м от источника загрязнения происходит резкое, более чем двукратное, снижение значения  $Z_{cm}$  по всем трём трансектам с последующим плавным уменьшением данного показателя.

Вероятно, это отражает процессы осаждения на поверхности почвы и на растительности наиболее крупных пылевых фракций, содержащих ТМ. Наблюдается экранирующий эффект растительности, препятствующий распространению основной массы пылевых частиц вглубь леса;

– граница между умеренно опасным и допустимым ( $Z_{ст}$  менее 32) уровнями полиэлементного загрязнения почв расположена на расстоянии около 180 м от торца промплощадки.

Полиэлементное загрязнение лесных подстилок в условиях геохимической аномалии «Зеленый Бор» определяется направлением ветрового переноса в локации (в тёплый период года в локации доминируют воздушные потоки северо-западного и западного направления) и экранирующем эффектом растительности.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.В. Михальчуком.

УДК 631.40

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ  
И МИКРОБИОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ  
ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНОМ ХИМИЧЕСКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ  
АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

И.А. Козлова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
ira\_kozlova\_00@mail.ru

A noticeable positive phytotoxic effect was found from exposure to biochar (Et 14.29 %) in soil with a high humus content (Corg 3.86 %), contaminated with salts of heavy metals. This is also confirmed by the lack of stimulation of microbial biomass in case of severe pollution of highly humic soil. However, under the same conditions, in soil with low humus content (Corg 1.30 %), the positive effect of biochar is pronounced, an increase in microbial biomass by 66.2 %.

Проблема восстановления экологических функций почв при химическом загрязнении тесно связана с поиском эффективных средств ремедиации. Биоуголь – продукт пиролиза различных материалов, содержащий большую долю углерода (70–80 %) и обладающий высокой сорбционной емкостью, способствует уменьшению содержания обменных форм тяжелых металлов (ТМ), которые длительное время остаются приоритетными загрязнителями почв в агроэкосистемах [3].

Исследованы степень опасности тяжелых металлов и эффект ремедиации при разном содержании органического углерода в почве: S1 – сильногумусированная ( $C_{орг}$  3.86 %) и S2 – слабогумусированная ( $C_{орг}$  1.30 %). ТМ вносили в виде водных растворов солей меди ( $CuSO_4$ ), цинка ( $ZnSO_4$ ) и свинца ( $PbCl_2$ ) для достижения концентрации равной 5 и 10 ориентировочно-допустимым концентрациям (ОДК) каждого из трех элементов (согласно ГН 2.1.7.2511-09). В отдельные варианты добавляли биоуголь (5 % от массы). Фитотестирование проводили согласно методике «Фитоскан-2», измеряли длину ростков и корней растения *Avena sativa* L. Анализ эмиссии  $CO_2$  на хроматографе «КристалЛюкс 4000М», определяли базальное, субстрат-индуцированное дыхание и углерод микробной биомассы [1].

Результаты показали заметный угнетающий эффект от воздействия биоугля и 10 ОДК ТМ для образца почвы с поля S1, что показывает отсутствие ремедирующего эффекта биоугля.

Содержание углерода микробной биомассы  $C_{мик}$  (мкг С/г почвы), заметно снижалось с увеличением нагрузки ТМ с 5 до 10 ОДК в почвах двух полей. При этом ТМ в дозе 5 ОДК снижают микробную активность в богатой гумусом почве (S1) на 20 %, а в бедной (S2) – на 40 %. При внесении ТМ в дозе 10 ОДК – на 46 и 43 %, соответственно.

Биоуголь в незагрязненных почвах стимулирует микробную биомассу, при этом в богатой органическим углеродом S1 – почти на 30 %, а в бедной S2 – лишь на 8.4 %. В богатой гумусом почве S1 на фоне 10 ОДК ТМ положительный эффект биочара отсутствует. Стимуляция микробной биомассы биочаром не наблюдалась.

Положительный эффект от внесения биоугля в почве с высоким гумусным статусом не наблюдается по реакции тест-растений *A. Sativa* L. и по реакции микробной биомассы при загрязнении в дозе 10 ОДК ТМ.

Полученные данные подтверждают, что в высокогумусированной почве дополнительное внесение трудно усвояемого углерода в форме добавки биоугля не стимулирует микробную активность при сильном химическом загрязнении, тогда как в слабогумусированной почве отмечается заметный положительный эффект биочара на микробное сообщество, выраженность которого возрастает при сильном загрязнении ТМ (доза 10 ОДК).

#### Литература

1. Ананьева Н.Д., Полянская Л.М., Сусьян Е.А., Васенкина И.В., Вирт С., Звягинцев Д.Г. Сравнительная оценка микробной биомассы почв, определяемой методами прямого микроскопирования и субстрат-индуцированного дыхания // Микробиология. 2008. Т. 77. № 3. С. 404–412.

2. Bünemann E.K., Bongiorno G., Baic Z., Creamer R., Deyn G., Goede R., Fleskensd, Geissend L., Kuiper T., Mädera P., Pulleman M., Sikkelf W., van Groenigen W., Brussaard L. Soil quality – A critical review // Soil Biology and Biochemistry. N 120. 2018. P. 105–125.

3. Rizhiya E.Y., Buchkina N.P., Mukhina I.M., Belinets A.S., Balashov E.V. Effect of biochar on the properties of loamy sand spodosol soil samples with different fertility levels: a laboratory experiment // Eurasian Soil Science. 2015. V. 48. № 2. С. 192–200. doi: 10.1134/S1064229314120084

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и поддерживается грантом РФФ 22-24-00666.

Работа рекомендована д.б.н., проф. В.А. Тереховой.

УДК 631.427

## ЭКОТОКСИЧНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ПЫЛИ ТЕРРИТОРИЙ МЕГАПОЛИСА С РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Н.В. Колодкин<sup>1</sup>, В. Калеро<sup>2</sup>, А.Г. Рычагова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов,

<sup>1</sup>nickolay192@gmail.com, <sup>2</sup>vbiika8@gmail.com

There is a problem of toxic effects from city dust. Four sampling sites from roadside and road dust were divided into 4 fractions using a sieve. Results obtained the one difference in fractions for all samples in city.

Загрязнение городской среды в основном определяются антропогенной нагрузками. Значимый вклад в этот процесс привносят твёрдые техногенные частицы, осаждающиеся на различных поверхностях, а также водные и газовые загрязнители, поглощаемые этими частицами. Всё это формирует поверхностные источники пыли, оказывающие вторичное воздействие на окружающую среду. Ряд именно таких источников и был проанализирован по экотоксичности.

Проведён анализ экотоксичности в образцах дорожной и придорожной пыли, отобранных в разных районах Москвы. Точки отбора образцов различались степенью техногенной нагрузки (табл. 1). Образец № 1 принимали за условный контроль в условиях антропогенной нагрузки города. Образцы с помощью почвенного сита были поделены

на 4 фракции (мм). Размер фракций: 1-й (0.5–0.25); 2-й (0.25–0.125); 3-й (0.125–0.063); и 4-й <0.063.

Таблица 1. Точки отбора образцов.

№ образца	Место сбора
1	тропинка Битцевского парка
13	внутридворовый придорожный участок при Раушской набережной
14	проезжая часть Раушской набережной
19	проезжая часть и пешеходная зона Сретенского бульвара

Анализ проводили стандартным методом оценки токсичности по реакциям инфузории *Paramecium caudatum* (ОТРИ), а также люминесцентный бактериальный тест (ЛБТ) «Эколюм».

Получали водную вытяжку из фракций по стандартным методикам для загрязнённых грунтов, подсчитывали численность инфузорий в контроле и испытуемых образцах до и через 24 часа после воздействия (рис. 1). В методе ЛБТ с нормированной системой сравнивали интенсивность биолюминесцентной активности до и после добавления пробы через 5 минут (рис. 2).

По результатам обоих методов, можно заключить о распределении биоактивных веществ по фракциям. Биолюминесценция совпадает со степенью стимуляции и, в рамках шкалы нормирования, объясняет колебания численности инфузорий.

Наиболее токсичной в среднем для всех образцов оказалась 3-я фракция, а 4-я не токсичной или малотоксичной, что подтверждает литературные данные о распределении водорастворимых токсичных веществ по фракциям пыли в городе.

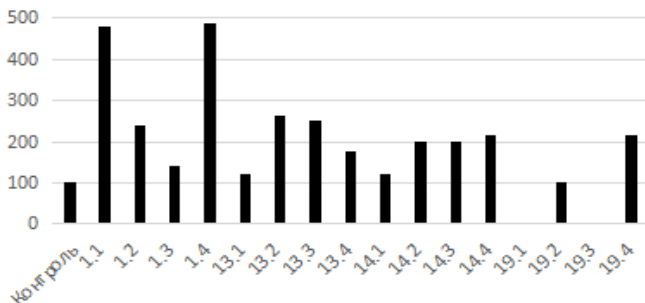


Рисунок 1. Результаты ОТРИ: процент выживших инфузорий.

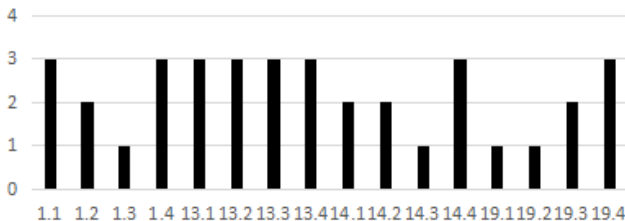


Рисунок 2. Результаты ЛБТ: действие проб на биолюминисцентность.  
1 – острое токсическое действие; 2 – токсично; 3 – не токсично.

Авторы благодарят проф. В.А. Терехову за предоставление условий для выполнения работы.

УДК 631.4

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В КВАЗИЗЕМАХ ТОРФЯНЫХ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

П.С. Кошкина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, polinakot16.y@gmail.com

The main processes occurring in peat quasi-soils are organic mineralization, destruction of carbonates in subsurface layers and washing out of the products of their destruction down the profile. With age, the content of carbonates in the peat layers increases, the pH shifts to the alkaline side, and the availability of mobile phosphates increases.

Городские почвы очень «молоды» по сравнению с зональными почвами, особенно в многоэтажных жилых районах. Тем не менее, с момента создания (за нуль-момент можно принять окончание строительства) в них идут различные почвообразовательные процессы.

Целью нашей работы было изучение динамики содержания органического вещества и некоторых других свойств в торфяных квазиземах [1] различного «возраста».

Объектами исследования послужили газоны жилых комплексов и торговых центров, имеющих «возраст» от 0 до 10 лет. Отбирали образцы поверхностных (RT, RAT) и подповерхностных (горизонт TCH) горизонтов торфяных квазиземов с газонов на территориях ТК и ЖК. В образцах определили некоторые физико-химические свойства по-

верхностных и подповерхностных слоев квазиземов, которые являются «индикаторами» городского почвообразования.

Исследования показали, что формула профиля типичного квазизёма – RT(RAT)-ТСН-С. Свежий торф поверхностных слоев квазиземов имеет кислую реакцию среды, практически не содержит карбонатов, имеет очень высокое содержание общего органического углерода (более 15 %). Обеспеченность торфа подвижными фосфатами варьирует от очень низкой до высокой.

С возрастом содержание общего органического углерода в поверхностных слоях квазиземов остается значительным (в среднем от 7 %), но имеет тенденцию к уменьшению. Получена достоверная регрессионная зависимость. Идет минерализация органики, что может сопровождаться эмиссией CO<sub>2</sub>. Также растет содержание карбонатов и реакция среды сдвигается в щелочную сторону. Получены достоверные регрессионные зависимости. Карбонаты могут попадать на поверхность квазиземов со строительной пылью, а сдвиг pH – объясняется присутствием карбонатов, применением антигололедных солей.

Отмечено также достоверное увеличение содержания подвижных фосфатов в квазиземах, имеющих больший возраст. Подвижность фосфора зависит от реакции среды. При сдвиге pH в щелочную сторону (по сравнению с кислыми свежими торфяными слоями) подвижность фосфатов повышается. Обнаружена сильная прямая корреляция между величиной pH и содержанием подвижных фосфатов в торфяных слоях квазиземов разного возраста ( $R=0.77$ ). Также увеличение содержания подвижных фосфатов может объясняться регулярным выгулом домашних животных на газонах придомовых территорий, их экскременты могут служить источником фосфора.

В подповерхностных слоях квазиземов с возрастом, наоборот, значения pH уменьшаются, сдвигаются от щелочной в сторону нейтральной реакции среды, что подтверждается регрессионным анализом. Достоверных отличий по содержанию водорастворимого органического углерода в горизонтах RT и ТСН не обнаружено.

#### Литература

1. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И. и др. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.В. Москвиной.

ВЛИЯНИЕ БИОЧАРА НА СОДЕРЖАНИЕ МАЛОНОВОГО  
ДИАЛЬДЕГИДА В РАСТЕНИЯХ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ОКСИДОМ МЕДИ

М.Р. Крепакова, М.С. Волошина, А.С. Нефедова, С.Н. Сушкова  
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
mashas.k.2002@gmail.com

A model vegetative experiment was established with tomato plants. The activity of malonic dialdehyde (MDA) was analyzed in the samples, taking into account the introduction of pollutants and without them. The largest amount of MDA was found in the sample with the maximum addition of copper.

Медь – один из самых распространённых поллютантов среди тяжёлых металлов (ТМ). Её токсический эффект отражается на физиолого-биохимических показателях растений. Оксид меди вызывает окислительные повреждения клеток, провоцирующие значительный выброс активных форм кислорода (АФК). Существуют исследования, направленные на различные способы нивелирования окислительного стресса и нейтрализации токсического эффекта ТМ [1, 2]. Одним из дешёвых и эффективных биосорбентов является биочар, поэтому он был выбран в качестве средства снижения токсического влияния меди в почве.

Определение влияния биосорбента на уровень окислительного стресса в условиях загрязнения CuO является важной задачей исследования. Объектом исследования были выбраны чернозём южный и растения томата. Маркером окислительного стресса был малоновый диальдегид (МДА), на содержание которого был произведен анализ растительных тканей корней и листьев томата, отобранных в фазе цветения. В почву вносили концентрации CuO 300 мг/кг и 10000 мг/кг, также был внесён биочар в количестве 5 % от общего объема. Содержание МДА оценивали по степени накопления продукта его реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Количество МДА определялось спектрофотометрически,  $\lambda = 532 \text{ nm}$  и  $\lambda = 600 \text{ nm}$  [2].

Количество МДА в образце CuO 10000 мг/кг (№ 3) в 50 раз превышает контрольные значения (№ 1), а в образце с концентрацией CuO 300 мг/кг (№ 2) – в 40 раз (рис. 1).



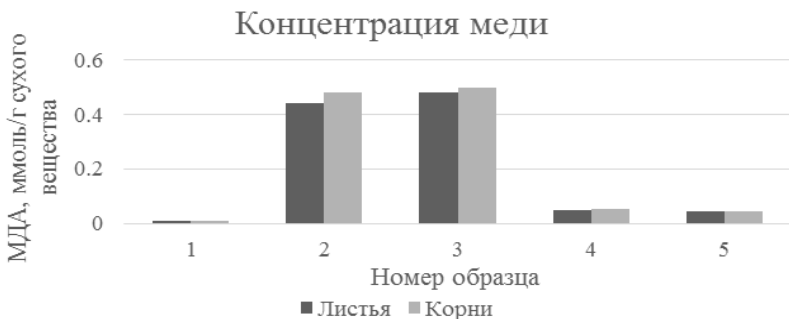


Рисунок 1. Концентрация меди: 1 – Контроль; 2 – CuO 300 мг/кг; 3 – CuO 10000 мг/кг; 4 – CuO 300 мг/кг + биочар 5 %; 5 – CuO 10000 мг/кг + биочар 5 %.

Таким образом, при внесении повышенных концентраций меди наблюдается увеличение содержания МДА, что говорит о повышении уровня окислительного стресса в растениях томатов. Внесение биочара снижает негативное влияние оксида меди.

Содержание МДА можно объяснить более высокой активностью антиоксидантных ферментов, что свидетельствует о защите биомембран от окислительного повреждения за счет перекисного окисления липидов. Образцы (№ 4 и 5) с внесением биочара превышают на 71 % контрольные значения. Это говорит о снижении окислительного стресса у растений благодаря адсорбции оксида меди биочаром.

#### Литература

1. *Rehman M., Liu L., Wang Q., Saleem M.H., Bashir S., Ullah S., Peng D.* Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review // *Environ. Sci. Poll. Res.* 2019. V. 26. P. 18003–18016.

2. *Hodges D.M., Delong J.M., Forney C.F., Prange R.K.* Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*, 207, 1999. Pp. 604–611.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-74-10046.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

НАКОПЛЕНИЕ КАДМИЯ ЛЮЦЕРНОЙ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ  
СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ

Д.Д. Крыпин

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
krypind@mail.ru

Alfalfa was grown on a soil substrate composed of a mixture of sod-podzolic and peat lowland soil. The proportion of peat soil increased in the range of 10–100 % of the total volume of the soil mixture. Cadmium was poorly retained by organic matter, was easily accessible to plants in variants with the presence of peat lowland soil.

Накопление тяжелых металлов растениями из почвы зависит от емкости почвенно-поглощающего комплекса, которая определяется содержанием в ней органического вещества и глинистых минералов. В 2021 году был поставлен вегетационный опыт по выращиванию люцерны на почвенном субстрате, составленном из смеси дерново-подзолистой (П<sup>д</sup>) и торфяной низинной (Т<sup>н</sup>) почв. Целью эксперимента явилось изучение влияния органического вещества на переход кадмия из почвы в растения. Схема опыта состояла из 8 вариантов (табл. 1). Люцерна выращивалась в пластиковых сосудах Кирсанова, масса почвенного субстрата в сосуде – 5 кг. Доля торфяной почвы возрастала в интервале 10–100 % от общего объема почвенной смеси. Во время закладки опыта в сосуды была внесена азофоска в качестве фона, из расчета 0.1 г каждого макроэлемента (NPK) на 1 кг почвы. Почвенный субстрат был искусственно загрязнён раствором ацетата кадмия (0.1 мг Cd/кг почвы). Опыт имел три повторности.

Содержание Cd в растениях люцерны было определено методом атомно-абсорбционной спектрометрии. При подготовке к измерению растительные пробы прошли мокрое озоление в смеси концентрированных кислот, азотной и хлорной, взятых в соотношении 4:1.

Результаты эксперимента показали, что люцерна положительно отзывается на увеличение органического вещества в почве. Сырая масса растений имела максимальные значения, существенно не различающиеся между собой, при изменении содержания торфа в почвенном субстрате от 10 до 60 % от объема. Урожай люцерны был минимальным при её выращивании на торфяной низинной почве (100 %) и на дерново-подзолистой почве (100 %). Коэффициент корреляции между содержанием органического вещества в почве и концентрацией металла в расте-

ниях высокий – 0.816. Увеличение содержания органического вещества в почвенной смеси способствовало накоплению кадмия люцерной.

Таблица 1. Накопление кадмия люцерной из почвенного субстрата.

Варианты	Сырая масса растений, г/сосуд	Содержание Cd в растениях, мг/кг
1. П <sup>а</sup> (100 %)	48.3±5.14*	0.294
2. П <sup>а</sup> (90 %) + Т (10 %)	60.2±1.25	0.587
3. П <sup>а</sup> (80 %) + Т (20 %)	63.9±7.05	0.475
4. П <sup>а</sup> (70 %) + Т (30 %)	60.7±1.78	0.542
5. П <sup>а</sup> (60 %) + Т (40 %)	58.5±1.58	0.606
6. П <sup>а</sup> (50 %) + Т (50 %)	63.0±1.16	0.591
7. П <sup>а</sup> (40 %) + Т (60 %)	56.9±2.31	0.523
8. Т (100 %)	46.1±7.32	0.812

\*среднее арифметическое ± СКО

Работа рекомендована к.б.н., доц. М.А. Ефремовой.

УДК 631.42

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ В ГОРОДСКИХ ПАРКАХ  
С РАЗЛИЧНОЙ ИСТОРИЕЙ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ  
В НОВОЙ МОСКВЕ

К.И. Махиня, С.А. Дёмина

Российский университет дружбы народов, г. Москва  
makhinya\_ki@pfur.ru

The research analyzes the impact of the former land use of urban parks on the territory of New Moscow. Four parks were chosen, two of which were formed from arable land, and the rest – from forests. Laboratory analyses of soil quality were carried out. The results suggest the problem of urbanization is acute in parks' construction with different land-use histories.

Проблема урбанизации остро стоит на глобальном уровне и связана с миграцией сельского населения в города. Это приводит к неоспоримым процессам ухудшения качества почвы и состояния растительности. Урбанизация оказывает влияние на почвы через загрязнение, засоление и чрезмерное уплотнение.

Землепользование и управление земельными ресурсами оказывают значительное влияние на природные ресурсы, такие как почва.

История землепользования дает представление о городском ландшафте, а именно о том, как прошлая деятельность человека влияет на территорию и, в частности, на природные зоны, включенные в города, такие как городские парки.

Почва является одним из важнейших компонентов городской экосистемы. Со временем, под воздействием различных антропогенных факторов, существующая структура почвенных горизонтов, химические и физические свойства почв будут меняться. Для того чтобы улучшить качество почвы в условиях урбанизации, необходимо рационально использовать почвенные ресурсы в соответствии с их историей землепользования. Почвы с различной историей землепользования обладают своими собственными свойствами и функциями, которые необходимо тщательно изучить для оценки и прогнозирования будущих изменений.

Урбанизация в Новой Москве стремительно развивается, включенные территории расширяются и заселяются новыми жителями. В связи с этим возрастает потребность в зонах отдыха (например, парках, лесопарках). Помимо строительства новых зон отдыха, необходимо подумать об экологических последствиях и провести тщательное изучение последствий возможных изменений свойств почв.

В исследовании проводится анализ почвенных образцов, взятых с четырех парков в Новой Москве с разной историей землепользования (лес, пашня). Отличие почв в парках, образованных на месте пахотных земель, от лесопарков можно наблюдать по цвету, количеству горизонтов в профиле, обилию антропогенных включений. Данные химического анализа показывают наиболее значительное загрязнение в парках, расположенных в Троицком административном округе. Например, в парках 3-го микрорайона Московского и Южное Бутово ни в одной из точек не наблюдается превышения ПДК по тяжелым металлам (Ni, Cu, Pb, Cd, As), в отличие от двух других парков (парк «Сосны» и Троицкая роща).

Работа рекомендована к.б.н., доц. В.И. Васневым.

АКТИВНОСТЬ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ФЕРМЕНТОВ ЦИКЛА С  
В СТРУКТУРЕ ПОЧВ НА МИКРО-МАСШТАБЕ

О.Ю. Овчинникова

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва  
lady.olya99@mail.ru

Free and adsorbed by the solid soil phase enzymes take part in soil organic matter transformation. Enzyme activity depends on its localization and the surface connection grade. It is probably highest on the inner microaggregate surface.

Ферментативная активность (ФА) почв маркирует и определяет направление процессов трансформации органического вещества (ОВ) в почве, являющихся основными факторами формирования структуры. В биогеохимических моделях цикла С критическим параметром является продолжительность жизни ферментов в почве, а потому ФА является основным показателем оценки экологического состояния почв [1]. Отсутствие количественных закономерностей, затрудняет использование показателей ФА, так как не ясно, насколько измеренная ФА отражает актуальную активность микроорганизмов. Поэтому актуальность работы определяется накоплением практических данных и проверки гипотезы о том, что активность и время существования ферментов определяются их локализацией и степенью связи с поверхностью твердой фазы почвы на уровне ее микроструктурной организации.

Работа посвящена изучению накопления в почве ферментов цикла углерода (С), и их роли в процессах трансформации ОВ и образовании структуры почвы. Проводится на типичной серой и агросерой почвах и направлена на: установление закономерности распределения ФА по компонентам микроструктурной организации почв; описание активности ферментов цикла С в зависимости от их физической локализации на микро-масштабе в почве; оценку влияние типа землепользования на активность и локализацию ферментов цикла С.

Для выделения ферментов, связанных с поверхностью твердой фазы почв, и определения их активности последовательно будут использованы 6 уровней механического воздействия (рис.): взбалтывание водной суспензии почв для выделения компонентов ОВ и свободных клеток микробиоты; центрифугирование почвенной суспензии для десорбции ферментов, слабо адсорбированных на поверхности микроагрегатов; обработка ультразвуком (УЗ) низкой мощностью  $40 \text{ Дж} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}$



## Литература

1. Alkorta I., Aizpurua A., Riga P., Albizu I., Amézaga I., Garbisu C. (2003). Soil enzyme activities as biological indicators of soil health. *Reviews on environmental health*, 18(1), 65–73.

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. А.В. Юдина.

УДК 631.4

## НОВООБРАЗОВАНИЯ В ПАЛЕОПОЧВАХ И ОТЛОЖЕНИЯХ ДОЛИНЫ р. СЫРА, ПЕРМСКИЙ КРАЙ

П.А. Саранина

Пермский государственный национальный исследовательский  
университет, [saraninapolina@gmail.com](mailto:saraninapolina@gmail.com)

The chemical composition and distribution of new formations in the profile of buried paleosols in the valley of the Syra River are caused by the flooding of the territory with saline waters and the subsequent downward flow of water. Higher plants took part in the formation of rhizoliths.

Целью работы было изучение строения и механизмов формирования новообразований в палеопочвах и отложениях долины р. Сыра.

Объектом исследования были погребенные торфяно-глеевые почвы, перекрытые мощным (20–45 см) слоем карбонатных конкреций – плотных, сцементированных, натечной формы, включающих ризолиты – остатки корней разного размера.

В верхней части глеевого горизонта погребенной под конкрециями почвы заметны выцветы/белый налет (не вскипают). Также в глеевом горизонте обнаружены ризолиты разных типов (по Клаппу) [1] – от полых каналов-пустот в верхней части до заполненных цементом слепков в средней части горизонта и ниже ризокреций – корней, покрытых (или замещенных) минеральным чехлом.

Был определен минеральный состав отложений: карбонатные конкреции почти нацело состоят из кальцита. В ризолитах из глеевого горизонта во внутренней части корней растительные ткани замещаются кристаллами гипса, пиритом. Внешняя оболочка может быть покрыта слоем кальцита, на котором также формируются кристаллы гипса.

Считаем, что обнаруженные новообразования могли быть сформированы при резком затоплении территории минерализованными водами реки Сыра и нисходящем токе воды. Данные химического анализа поч-

венного профиля показали, что погребенный под карбонатными конкрециями глеевый горизонт имеет:  $pH_{\text{вод}}$ , который варьирует в пределах 2.5–3.5, карбонаты практически отсутствуют, сульфаты с максимумами на глубинах, где морфологически описаны белые выцветы, ризокреции и кристаллы гипса. В соответствии с растворимостью карбонатов и сульфатов, на поверхности откладывались карбонаты, ниже – сульфаты как более растворимые соединения. Плотные нижние глеевые горизонты также могут ограничивать восходящее передвижение ионов в профиле.

На территории исследований геологами Пермского университета был описан процесс минералообразования и отложения пресноводных карбонатов в родниках, руслах мелких рек, проходящий при участии озерно-болотной растительности [2]. Наиболее интенсивно процесс минералообразования идет в зонах разгрузки сульфатно-кальциевых подземных вод. Вода р. Сыра имеет сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый состав. Он определяется геологическим строением территории.

Обнаружение петрифицированных ризолитов показывает, что палеопочва формировалась под древесной и кустарниковой растительностью. Осаждение кальцита и гипса в корневых каналах скорее всего происходило в процессе нисходящего перемещения тока воды по корневым каналам в плотном глеевом горизонте.

Обнаружение пирита свидетельствует об участии в формировании новообразований сульфатных речных вод. Образование пирита могло идти за счет сульфатредукции (сера гипса, сульфаты речной воды), осуществляемой микроорганизмами, в присутствии органического вещества.

Радиоуглеродное датирование погребенного торфяного горизонта показало возраст около 12300 лет. Таким образом, во временной промежуток на границе плейстоцена и голоцена произошло резкое затопление территории исследований минерализованными водами р. Сыра. Резкое поднятие уровня вод и усиление флювиальной активности рек свидетельствует о периодах похолоданий [3]. В профилях почв и отложений р. Сыра отмечено присутствие еще как минимум двух мощных слоев сцементированных карбонатных конкреций, что может свидетельствовать о периодах похолоданий и усилении флювиальной активности реки на территории Кунгурской лесостепи.

#### Литература

1. *Klappa C.F.* Rhizoliths in terrestrial carbonates: classification, recognition, genesis and significance // *Sedimentology*, 1980. Vol. 27. P. 613–629.



2. *Силаев В.И., Чайковский И.И., Митюшева Т.П., Хазов А.Ф.* Современные карбонатные минерализации на испарительных и седиментационно-диагенетических изотопно-геохимических барьерах. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 68 с.

3. *Сычева С.А.* Ритмы почвообразования и осадконакопления в голоцене (сводка  $^{14}\text{C}$ -данных) // Почвоведение. 1999. № 6. С. 1–11.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.В. Москвиной.

УДК 631.4:574

**ВЛИЯНИЕ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА  
ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И МЕТОДЫ  
РЕАБИЛИТАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ г. РИДДЕР ВКО  
Ж.С. Саркулова**

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе,  
Казахстан, zhadi\_0691@mail.ru

Annotation. The data obtained from observations of tree species plantings in the technogenically disturbed territory over the past period allows us to summarize the following results: The survival rate of the used assortment of tree and shrub species in the technogenically polluted territory was 75 %. All planted plants after the growing season are in a weakened and depressed state. Despite the short-term effect of carbonized bio-coal from rice husks on the neutralization of toxic compounds and increasing the stability and survival of plants, it can be stated about the positive effect of bio-coal.

Общая площадь нарушенных земель в Республике составляет 248.3 тыс. га, обработано 51912.5 га, рекультивировано 2923.5 га. Наибольшее количество нарушенных земель находится в Карагандинской, Костанайской, Мангистауской, Акмолинской, Павлодарской и Восточно-Казахстанской областях. В Республике накопилось более 20 млрд. тонн производственных отходов, из которых каждая десятая тонна токсична. В Казахстане разведано больше 300 видов полезных ископаемых. Богатые ресурсами недра республики разрабатываются во всех регионах шахтным либо открытым способом. При агрессивном воздействии загрязняющих веществ нарушается почвенно-растительный покров территорий, порой происходит полное их уничтожение. Эти территории бесплодны, нередко токсичны, длительное время не зарастают, подвергаются эрозионным и деградационным процес-

сам. Наносится ощутимый ущерб здоровью человека и окружающей среде, нарушается равновесие в функционировании биосферы, главной составной части существования жизни на земле. В Восточно-Казахстанской области почва, воздух, вода, растения загрязняются соединениями меди, цинка, кадмия, свинца, мышьяка. Токсичные отходы размещены на полигонах, не отвечающих санитарно-экологическим требованиям. Аномалии свинца охватывают территорию Шемонаихинского, Глубоковского и Зыряновского районов. Наиболее неблагополучным является район в треугольнике между городами Усть-Каменогорск, Риддер, Зыряновск.

В городе Риддер функционируют мощные предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности; крупнейшие заводы по производству цветных и редких металлов. Есть источники поступления свинца, лития, таллия, ниобия, бериллия и др. В атмосферном воздухе, воде и почве области зарегистрировано около 100 загрязняющих веществ. Риддерский регион обладает высоким потенциалом природных ресурсов, что способствует широкому развитию промышленного сектора экономики, но наносится значительный ущерб экологии края.

*Цель работы:* Определить утраченные почвенно-экологические функции техногенных ландшафтов под влиянием выбросов горно-металлургических предприятий и разработать мероприятия по реабилитации загрязненных почв.

По результатам исследований в районе расположения цинкового завода установлено, что содержание валового свинца в верхнем 10-см слое почвы превышает ПДК в 1.68 раз; цинка – в 25.46 раз; меди – в 1054.6 раза, кадмия – в 440.9 раз. Сильное загрязнение тяжелыми металлами отмечается в средней и нижней частях участка, имеющих уклон 15–20° к речке Тихая. Как уже упоминалось, выбросы предприятий цветной металлургии переносятся на большие расстояния. Отмечается накопление тяжелых металлов в почве на расстоянии 10–15 км и дальше от источника загрязнения.

Приоритетными элементами загрязнения являются цинк, свинец, медь и кадмий. По результатам анализов содержание тяжелых металлов в исследуемой черноземной выщелоченной почве по всем элементам превышает предельно допустимые нормы. Повышенная концентрация тяжелых металлов отмечается в верхних слоях. С цинкового завода идут выбросы тяжелых металлов, что негативно сказывается на почвенный и растительный покров района цинкового завода. Этот участок сильно загрязнен. Высокое загрязнение сильно сказывается на растительном покрове. На контрольных участках, расположенных в 25 км от зоны

исследования, в горных черноземах выщелоченных содержание тяжелых металлов незначительное, по сравнению с черноземом деградированным. Это говорит о том, что такое большое количество тяжелых металлов, превышающее контроль в порядки, поступило в почву в результате выбросов горно-металлургического цинкового завода.

Испытание биоугля из рисовой шелухи, как сорбента тяжелых металлов, является теоретической основой в разработке приемов рекультивации в горнорудных регионах республики. Исследованиями установлено, что необходимо использовать биоуголь, полученный при 450 °С, в этих условиях увеличивается площадь сорбционной поверхности. Подбор фитомелиорантов показал, что биоуголь повлиял не на все культуры. Необходимо корректировать нормы биоугля для внесения в почву и следует использовать дополнительные раскислители почв и комплексные минеральные удобрения. При рекультивации необходимо учитывать приемы возделывания фитомелиорантов. Полученные данные наблюдений за посадками древесных пород на техногенно-нарушенной территории за прошедший период позволяет обобщить следующие результаты: Приживаемость использованного ассортимента древесно-кустарниковых пород на техногенно-загрязненной территории составила 75 %. Все высаженные растения после вегетационного периода находятся в ослабленном и угнетенном состоянии. У отдельных экземпляров, прослеживается тенденция к усыханию на фоне слабого прироста и общей массы растений, гибели ряда скелетных побегов, что негативно сказалось на характере перезимовки в 2014–2016 годы. В группе риска дополнительно выявлено около 9 % из числа высаженных видов. В защитных насаждениях предприятий промышленной зоны и в опытных посадках, древесные культуры подвержены значительным повреждениям токсичных газов в течение вегетационного сезона, это появление хлоротических пятен и усыхание краев листьев, гибель распускающихся почек, молодых побегов и генеративных органов. Более удовлетворительные показатели роста и развития среди посадок промышленной зоны выявлены у сирени обыкновенной – *Syringa vulgaris* L., бересклета европейского – *Euonymus europaea* L., рябинника рябинолистного – *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Вг и снежноягодника белого – *Symphoricarpos albus* (L.) Blake., спиреи японской – *Spiraea japonica* L.

Несмотря на кратковременность влияния карбонизированного биоугля из рисовой шелухи на нейтрализацию токсичных соединений и повышение устойчивости и приживаемости растений, можно констатировать о положительном влиянии биоугля. Для улучшения показателей требуется выявить необходимую дозировку биоугля, глубину возделывания и продолжительность влияния во времени. Создание сорбцион-

ных барьеров возможно при комплексном применении биоугля с добавлением минеральной подкормки, стимуляторов, фиторегуляторов и др. препаратов, улучшающих физико-химический состав почвы и повышающих устойчивость растений. При рекультивации необходимо учитывать приемы возделывания фитомелиорантов. Отмечено избирательное действие биоугля на приживаемость, характер вегетационного развития и морфологические показатели высаженных растений, повышающих их общую устойчивость к комплексу негативных внешних факторов. Сорбционный барьер карбонизированного биоугля из рисовой шелухи положительно повлиял на приживаемость ясеня ланцетного – *Fraxinus lanceolata* Borkch, сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* L и березы повислой – *Betula pendula* Roth.

Научный руководитель д.б.н. Ф.Е. Козыбаева.

УДК 574.23

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ДОЛОМИТА НА ЭФФЕКТ  
ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РЕМЕДИАНТОВ ТОРФА,  
ЗАГРЯЗНЕННОГО ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Ю.Д. Сергеева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
Россия, г. Москва, sergeeva.yulia.dm@gmail.com

Research of effects of various peat remedative additives on ecotoxicity was carried out on soil from the Kola Peninsula. It was found that small amounts of dolomite in conjunction with different remedative additives showed the best results.

Исследовали влияние различных добавок в качестве ремедиантов торфа с территории Кольского полуострова, испытывающей воздействие металлургических производств. Актуальность детоксикации и сохранения биоценозов торфяников для нашей страны особенно высока, поскольку площадь, занимаемая торфяными почвами в России, составляет 31.8 %.

В ходе эксперимента в образцы торфа, обработанные различным количеством доломита (20 и 3 %), вносили в различном сочетании и по отдельности биочар, конкреции, железный порошок, ферригидрит, наноккомпозит. Целью работы является определение способа обработки,

оптимальных для восстановления и улучшения свойств торфа, в частности по показателю интегральной экотоксичности.

Для оценки токсичности образцов использовали стандартный метод биотестирования водной вытяжки из образцов почв на гидробионтах, оценивали выживаемость цериодафний. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний (ФР.1.39.2007.03221)

Каждый вариант эксперимента анализировали в 4-х повторностях. Выборка тест-организмов для одной пробы представлена была 20 особями. Срок экспозиции цериодафний в пробе – 48 часов. Всего проанализировано 17 проб.

В результате эксперимента установлено, что доломит снижает токсичность торфа, однако, в сочетании с другими добавками эффективность дозы доломита 3 % заметно выше, чем 20 %.

Таким образом, при добавлении относительно небольшого количества доломита (3 %) в комплексе с железным порошком, ферригидритом с биочаром или композитом значительно снижается токсичность торфа. Выявлены сочетания добавок, которые можно рекомендовать к использованию для детоксикации торфяных почв исследованной местности с аналогичным типом загрязнения.

Благодарности. Исследование выполняется в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и поддерживается грантом РФФИ 20-54-26012 Чехия\_а. Автор благодарит за предоставление образцов торфа М. Слукую и И. Кременецкую.

Работа рекомендована проф. В.А. Тереховой.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННО-СОЛЕВОГО СОСТАВА  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО  
ХОЗЯЙСТВА «НАЧАЛО» АСТРАХАНСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

К.И. Сизоненко

Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия  
karina.sizonenko@bk.ru

Salinization is beginning to be recognized as an important factor that significantly reduces the productivity of agricultural crops, which has a profound effect on all aspects of plant life. The study of the salt composition gives a clear picture of the agrochemical state of soils of agricultural lands, as well as knowledge of the ion-salt composition of soils will help prevent secondary soil salinization in the Astrakhan region.

Засоление почв выделено как один из наиболее существенных типов деградации почв и является одной из причин вывода их из сельскохозяйственного использования. Особенно остро это ощущается в аридных регионах, являющихся территориями с наибольшим распространением почв разной степени засоления.

Объектом исследования были выбраны почвы сельскохозяйственных угодий учебно-опытного хозяйства «Начало» Астраханского государственного университета, расположенного на северо-восточной окраине поселка Начало Приволжского района Астраханской области.

Приволжский район г. Астрахани характеризуется жарким, засушливым климатом с высокими температурами летом (+40–50 °С), низкими зимой (до –40 °С), большой испаряемостью и малым количеством осадков. Годовая сумма осадков колеблется от 180 до 200 мм. В климатических условиях исследуемой территории характерно то, что залегающие на глубине соли постепенно передвигаются к поверхности по капиллярным токам воды, в результате чего происходит их дальнейшее засоление.

Почвенный покров территории объекта исследования представлен аллювиальными дерново-опустынивающимися карбонатными солонцеватыми легкосуглинистыми почвами на рыхлых аллювиальных отложениях.

Для изучения засоленных почв используется метод водных вытяжек. Определение ионно-солевого состава почв в водных вытяжках выполнялось следующими методами: растворимые карбонаты – мето-

дом титрования с фенолфталеином; растворимые бикарбонаты – методом титрования с метилоранжем; хлориды – определялись на преобразователе ионометрическом; сульфаты – гравиметрическим методом; кальций и магний – комплексонометрическим методом; натрий и калий – методом фотометрии пламени.

Исследования общего содержания солей на 2-х участках показали, что на поверхности и на глубине 10 см почвы не засолены (величины плотного остатка находятся в пределах от 0.07 % до 0.25 %). На участке № 1 степень засоления с глубиной варьирует от слабозасоленной до сильно засоленной, на участке № 2 – засоление с глубиной отсутствует. Отсутствию засоления на участке № 2 способствует применение капельного орошения, которое обеспечивает промывку почвы. В составе анионов водной вытяжки участка № 1 и № 2 преобладают сульфат- и хлорид-ионы, из катионов – ионы кальция и магния.

Таким образом, анализ распределения в пространстве сульфат- и хлорид-ионов, а также общее содержание солей в почве показал, что на их перераспределение в почвах исследуемой территории оказал влияние отрыв почв от грунтовых вод на участке № 1, наличие капельного орошения на участке № 2, также можно отметить, что движение солей происходит на обоих объектах исследования.

Работа рекомендована д.б.н., зав. каф. Л.В. Яковлевой.

УДК 631.45

**РЕАЛИЗАЦИЯ ЦЕЛЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ  
В ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПО БОЛЕЕ  
ЭКОЛОГИЧНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ  
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, С ПОМОЩЬЮ БИОЧАРА**

А.Г. Тимофеева, Б.М. Тукур, Т.В. Бауэр,

М. Бурачевская, М. Мазарджи

Южный федеральный университет, [ati@sfedu.ru](mailto:ati@sfedu.ru)

The remediation of heavy metals (HMs) in soil is always an important topic, as environmental contamination by HMs is of serious concern. Numerous potential advantages, especially integrated with biochar produced from various biomass, might provide an ecologically beneficial tool for achieving the UN's sustainable development objectives for greener soil remediation.

Уменьшение содержания тяжелых металлов (ТМ) в почве всегда является важной темой, поскольку загрязнение окружающей среды ТМ имеет довольно широкие масштабы. В 2015 году на саммите ООН был принят план устойчивого развития, включающий в себя и борьбу с химической деградацией почв. Из-за своих многочисленных преимуществ биоуголь, получаемый из различной биомассы, может стать экологически выгодным инструментом для достижения целей ООН по более экологичному восстановлению почв. Целью данного исследования было изучение научных работ о поглощающих свойствах биочара и нанокompозитов на его основе, а также аспектов их изготовления и применения. Изучение работ происходило с помощью научных баз данных Google Scholar, Research gate, eLibrary, The Lancet.

В рассмотренных исследованиях биочар использовался в качестве многофункционального сорбента для поглощения ТМ. Однако, как показывают многие исследователи, изучение новых уникальных наносоставных материалов для разработки композитных сорбентов, позволят снизить производственные затраты, повысить эффективность и экономическую выгоду от применения данных сорбентов. Кроме того, для учета вторичного загрязнения, которое может возникнуть при изготовлении наносоединений на основе биочара, необходимо разработать более «зеленые» методы синтеза. Дальнейшие исследования процессов синтеза биочара могут помочь в улучшении характеристик биочарных нанокompозитов для достижения лучшей эффективности удаления ТМ.

Биочар производят преимущественно из биомассы растений. Биомасса – это один из восполняемых ресурсов. Термохимический пиролиз отходов биомассы может быть практичным и широко используемым вариантом превращения отходов в полезные углеродистые продукты.

Исследованию биочара посвящают работы многие учёные в России и за рубежом. Изучение статей и материалов конференций позволило собрать довольно обширные данные и подытожить их. Как показывают исследования, полученный биочар обладает развитым поровым пространством, большой удельной площадью поверхности и высокой концентрацией гидрофильных функциональных групп, которые могут быть использованы для улучшения плодородия почвы, восстановления почвы, а также удаления из неё различных поллютантов. Однако знания о подходах к внедрению биочаров для загрязненных ТМ почв по-прежнему недостаточны. До сих пор не существует стандартов для нормативного применения биочара. Нанокompозитные металлы, осаждаемые на биочаре, могут повысить эффективность устранения ТМ. Пони-



мание того, как синтезировать новые биочарные нанокompозиты и как извлекать из них ТМ, имеет решающее значение для их будущего использования.

Исследования выполнены при поддержке Проекта Министерства науки и высшего образования РФ по поддержке молодежной лаборатории «Агробиотехнологии для повышения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции» в рамках программы развития межрегионального научно-образовательного центра Юга России (ЛабНОЦ-21-01АБ).

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

УДК 631.4

СТРУКТУРА И ГИДРОСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЗОНАЛЬНЫХ  
И ГОРОДСКИХ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ,  
ЧЕРНОЗЕМА МОЩНОГО И УРБАНОЗЕМОВ ГОРОДОВ  
СЫКТЫВКАР И КРАСНОДАР

А.К. Тосхопоран

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
stasy.toskhoporan@gmail.com

Soil degradation leads to a deterioration in the plant life quality in urban conditions. The soil structure is a major characteristic that ensures plants optimal soil properties. The research revealed the differentiation of the studied physical properties of podzolic soil and the homogeneous distribution of characteristics along the typical chernozem profile.

Высокие темпы развития городов, рост численности населения, развитие транспортных систем ведут к ухудшению экологического состояния окружающей среды и качества жизни населения урбанизированных территорий. Растения являются одной из важнейших частей любой экосистемы. Они поддерживают экологическое равновесие городов.

Почва является средой обитания растений, обеспечивает их водой и питательными веществами. Структура почв имеет одно из важнейших значений для поддержания почвенных условий, она определяет водный, воздушный и температурный режимы почвы. Деградация почв в условиях города ведет к ухудшению качества жизни живых организмов.

Поэтому основной целью нашего исследования является анализ структуры и гидросорбционных свойств зональных и городских почв г. Сыктывкар и г. Краснодар.

Для исследования были отобраны образцы подзолистой почвы, чернозема мощного и городских почв городов Сыктывкар и Краснодар.

В работе использован ряд классических методов физики почв: пикнометрический метод определения плотности твердой фазы почв, метод сухого просеивания для определения агрегатного состава почв, метод парафинирования для определения порозности, метод определения изотерм десорбции паров воды. Для определения микроструктуры использован метод сканирующей электронной микроскопии. Исследование было проведено на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6380LA в центре коллективного пользования «Электронная микроскопия в науках о жизни» МГУ им. М.В. Ломоносова (УНУ «Трехмерная электронная микроскопия и спектроскопия»). Для определения гранулометрического состава использован метод лазерной дифракции с ультразвуковой пробоподготовкой образцов.

Проведен сравнительный анализ изменения профильного распределения физических свойств исследованных почв. Выявлена дифференцированность изученных свойств подзолистой почвы и однородное распределение характеристик по профилю чернозема мощного. Обнаружено, что глыбистая фракция агрегатов является преимущественной в обеих почвах. Закономерно удельная поверхность и способность сорбировать влагу в черноземе выше, чем в подзолистой почве.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.Б. Умаровой.

УДК 631.43

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКТОЗЕМОВ  
ПАРКА «ЗАРЯДЬЕ» ГОРОДА МОСКВЫ  
ЗА ДВА ГОДА ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
А.Э. Тыниссон**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
г. Москва, anastasiya.tynisson@mail.ru

The paper presents the results of a study of the physical properties of urban soils in the Zaryadye Park. During the two years of soil functioning, there have been changes in organic matter and the solid phase.

Парк Зарядье создан в 2017 году в центре Москвы. Под действием природных и антропогенных факторов внешний облик парка изменился за несколько лет: растительный покров увеличился, появились природные ярусы (травянистый, кустарниковый, древесный). Под влиянием городского микроклимата, постепенного формирования природных почвенных процессов, привноса различных поллютантов с насыпными конструкциями также могут происходить изменения их физических свойств, для которых необходим регулярный мониторинг [2, 4, 5]. Наблюдения за почвенным покровом позволяют оценить направленность происходящих процессов и принять необходимые меры для предотвращения негативной динамики в случае ее обнаружения.

Целью работы стало исследовать изменения физических свойств конструкторов в мониторинговых точках парка «Зарядье» города Москвы за два года их функционирования. В задачи работы вошли: определения плотности твердой фазы, гранулометрического состава, изотерм десорбции, основной гидрофизической характеристики и плотности и порозности агрегатов.

Объекты. Объектами исследования стали образцы, отобранные в парке «Зарядье» в мониторинговых точках в 2017 (0–10, 10–20 см) и 2019 (0–5, 5–10, 10–20 см) годах в еловом, сосновом, смешанном лесах и в березовой роще.

Методы. Для определения плотности твердой фазы выбран метод пикнометров, плотность измерена буровым методом, водопрочность определена по Савинову, измерение изотерм десорбции проведено методом сорбционного равновесия, гранулометрический состав – методом лазерной дифракции, основная гидрофизическая характеристика – методом центрифугирования, плотность и порозность агрегатов – методом парафинирования [1].

Результаты и обсуждение. За два года функционирования конструкторов в парке «Зарядье» были выявлены две группы свойств: наиболее чувствительные к изменениям и менее. В первую группу свойств попали: содержание органического вещества, плотность и порозность агрегатов, водопрочность, агрегатный состав. Во вторую – гранулометрический состав, основная гидрофизическая характеристика. Таким образом, даже за такой небольшой срок функционирования почвенных конструкций, в них могут происходить изменения, которые необходимо мониторить.

#### Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв / М.: Агрпромиздат. 1986. 416 с.

2. Раппопорт А.В., Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Гасина А.И., Кутьева Е.В. Почвенный покров природных зон в парке «Зарядье»: технологии создания и результаты формирования. // В сборнике: Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Анатолия Даниловича Воронина. 2019. С. 697–704.

3. Смагин А.В. Теория и практика конструирования почв. М., Изд-во Московского университета. 2012. С. 1–542.

4. Сусленкова М.М. Структурно-функциональная организация модельных конструкторов разного строения в условиях г. Москвы Автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. биол. наук. 2019.

5. Умарова А.Б., Вайгель А.Э., Кокорева А.А., Сусленкова М.М., Бутылкина М.А. Функционирование специализированных почвенных конструкторов в условиях города Москвы // Вестник ОГУ. 2013. С. 355–357.

Работа рекомендована к.б.н., доц. М.А. Бутылкиной.

УДК 631.41

## ДВУХСТАДИЙНЫЙ ПИРОЛИЗ ДЕНСИМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗНОГО ВИДА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю.Р. Фарходов, Н.В. Ярославцева

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

yulian.farkhodov@yandex.ru

The molecular composition of thermolabile and thermostable SOM of densimetric fractions of typical chernozems with different land uses. The composition of the thermolabile fraction of SOM primarily depends on the composition of the litter. The composition of the thermostable fraction of SOM depended on the availability of tillage.

Почвенное органическое вещество (ПОВ) часто разделяют на пулы по устойчивости. Существуют ряд подходов для изучения этих пулов. Они основаны на физическом, химическом, термическом фракционировании, а также на изучении процессов микробного разложения ПОВ. Часто для более детального изучения пулов исследователи комбинируют методы фракционирования.

Одним из перспективных комбинированных способов фракционирования является изучение термолабильного и термостабильного ОВ

денсиметрических фракций. Данный подход может быть реализован с помощью метода двухстадийного пиролиза денсиметрических фракций с последующим изучением его продуктов методом газовой хроматографии и масс-спектрометрией (Пир-ГХ/МС), который также позволяет изучить качественный состав выделяемых фракций ОВ. Таким образом, совместное использование денсиметрического и термического фракционирования в рамках Пир-ГХ/МС, позволяет не только выделять пулы ПОВ по их устойчивости, но и оценивать их качественный состав.

Цель: изучить состав термолabileного и термостабильного ОВ денсиметрических фракций типичных черноземов разного вида использования методом двухстадийного пиролиза с ГХ МС. Объектом исследования были денсиметрические фракции черноземов типичных многолетних опытов разного вида использования: степь, залежь, лесополоса, бесценный чистый пар, бесценная кукуруза, севооборот.

Показано, что по составу термолabileного ОВ сильнее всего отличаются друг от друга фракции свободного ПОВ с плотностью  $<1.6 \text{ г/см}^3$  (СПОВ  $<1.6 \text{ г/см}^3$ ) и ОВ минерального остатка  $>2.0 \text{ г/см}^3$ , фракции окклюдируемого ПОВ с плотностью  $<1.6 \text{ г/см}^3$  (ОПОВ  $<1.6 \text{ г/см}^3$ ) и  $1.6\text{--}2.0 \text{ г/см}^3$  (ОПОВ  $1.6\text{--}2.0 \text{ г/см}^3$ ) практически идентичны по своему составу. Состав термолabileного ОВ в первую очередь зависит от состава опада и меньше от наличия поверхностной обработки. По составу термостабильной фракции ОВ наиболее отличающимися по составу от всех других оказались ОПОВ  $1.6\text{--}2.0 \text{ г/см}^3$  и фракция минерального остатка  $>2.0 \text{ г/см}^3$ . Состав термостабильной фракции ОВ зависит от наличия обработки почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00078.

Работа рекомендована д.с.-х.н. В.А. Холодовым.

УДК 631.46

## ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ ОПИЛОК НА ДЫХАНИЕ ПОЧВЫ ВОЛЬЕРА РОСТОВСКОГО ЗООПАРКА

А.Н. Федоренко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

fedorenko-N13@yandex.ru

Reclamation of the soils of the Rostov-on-Don Zoo will improve the biodegradation of animal metabolic waste and exclude the possibility of the development of pathogenic microflora. Analysis of a series of model experi-

ments showed that sawdust with a concentration of 5–10 % is suitable as a reclamation agent.

В естественной среде обитания предусмотрены наиболее безопасные способы утилизации и разложения отходов животного происхождения. Чего нельзя сказать о местах, созданных искусственно, в результате деятельности человека.

Территория, расположенного в центре города Ростова-на-Дону зоопарка достаточно обширна (57 га), что позволяет разместить здесь большое количество вольеров. Почва территории представлена черноземом обыкновенным. Результаты ранее проведенных исследований экологического состояния этих почв с использованием методов биодиагностики и биоиндикации представлены в ряде научных работ.

В ходе исследований 2019–2021 гг. была проведена серия модельных опытов по мелиорации почв вольеров Ростовского зоопарка. Цель исследования заключалась в подборе оптимального по составу и действию мелиорирующего вещества, необходимая концентрация которого позволила бы добиться повышения биологической активности почв и, как следствие, улучшения способности почв к самоочищению.

Объектами исследований были почвы территории Ростовского-на-Дону зоопарка. Для модельных опытов была взята почва из вольера, в котором содержатся буйволы Арни (*Bubalus bubalis arnee*). Вольер площадью 280 м<sup>2</sup> является одним из самых загрязненных отходами жизнедеятельности животных.

Для улучшения экологического состояния и улучшения самоочищения в почву добавляли разные вещества (песок, гидрогель, опилки, биопрепараты и др.). Опыты проводили в контейнерах объемом 1 л, куда помещали 500 г сухой почвы и мелиоранты. Контрольным образцом служит почва из того же вольера без каких-либо добавок. Продолжительность опыта составила 6 месяцев при благоприятных условиях влажности и температуры.

В качестве показателя биологической активности почв использовали дыхание почв. Активность почвенного дыхания измеряли при помощи газоанализатора ПГА-7 каждую неделю в течение всего срока выполнения опыта.

По результатам серии модельных опытов древесные опилки зарекомендовали себя лучше, чем остальные добавки. Оптимальная концентрация внесения опилок также была определена – 5–10 %. Такие вещества, как микробиологические препараты и стимуляторы либо не оказывали существенного влияния, либо ухудшали активность почвенного

дыхания. Древесные опилки повышают почвенное дыхание, особенно в первые месяцы после начала опыта. Затем интенсивность дыхания снижается и к концу опыта выравнивается во всех вариантах.

Работа рекомендована д.г.н., директором Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского К.Ш. Казеевым.

УДК 631.4

ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ ГУМУСА ПОЧВ  
ЕСТЕСТВЕННОГО СЛОЖЕНИЯ  
И ТЕХНОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ

Е.С. Федоренко, И.А. Бондаренко, И.В. Замулина  
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
elena.fedorenko.99@mail.ru

The fractional-group composition of organic matter of chernozem, fluvisol and technosol was determined. Chernozem is characterized by a high content of humic acids, fluvisol is by fulvic acids. Technosol contains by large amount of non-hydrolysable residue.

В современном мире антропогенное воздействие на природные компоненты, в том числе и на почву, неизбежно. Органическое вещество почвы участвует в физических и химических процессах, происходящих в биосфере, вступает в реакции с поллютантами. В связи с этим, резкие изменения содержания и состава органических соединений могут являться индикатором, отражающим воздействие промышленных факторов на почвенный покров.

Цель исследования. Определение закономерностей фракционно-группового состава гумуса в техногенно-загрязнённых почве, лугово-черноземной почве и черноземе обыкновенном.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются почвы Ростовской области: лугово-черноземная почва, хемозем и чернозем обыкновенный карбонатный заповедника «Персиановская степь».

В данных почвах производилось определение общего органического углерода почв по методу по Тюрина. Анализ фракционно-группового состава гумуса проводили методом Пономаревой и Плотниковой (1975). В ходе анализа определялись три фракции гуминовых кислот (ГК) и четыре фракции фульвокислот (ФК).

Результаты исследования. По содержанию общего углерода исследуемые почвы не различаются. Несмотря на высокий уровень загрязнения содержание органического углерода в хемоземе остается высоким – 3.36 %. В черноземе обыкновенном карбонатном преобладающей фракцией являются ГК, из которых преобладает фракция ГК-3. В лугово-черноземной почве и хемоземе преобладают ФК. При этом лугово-черноземная почва наряду с ФК характеризуется высоким содержанием ГК-1, что может быть обусловлено пульсирующим гидрологическим режимом.

В хемоземе преобладающими являются группы ФК-2-4. Однако, по сравнению с другими почвами в два раза снижается содержание фракции ФК-1а, что может быть вызвано связыванием ионов металла с органическим веществом и образованием прочносвязанных малоподвижных комплексов. В связи с этим возрастает и содержание негидролизованного остатка (НО) в хемоземе до 35.34 %, в лугово-черноземной почве содержание НО составляет 28.16 %. Полученные данные подтверждают различия в составе и структуре органического вещества природных и антропогенно-преобразованных почв и требуют дальнейших исследований с привлечением современных методов.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по развитию Лаборатории под руководством молодых ученых (№ ЛабНОЦ-21-01АБ).

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

УДК 632.125

## ИЗУЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ РАЗНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.Х. Хасанова

Астраханский государственный университет  
khasanova.amie@gmail.com

An important role in the regulation of soil fertility is played by monitoring the state of soils, including observing changes in the humus state and the granulometric composition of the soil cover. Studies of the physicochemical processes in the soil cover gives a clear idea of its agrophysical and agrochemical state and raises the question of their further rational use.



Анализ состояния земельных ресурсов Астраханской области показывает, что основными причинами деградации почв и потери плодородия является нерациональное использование земель и влияние внешних факторов. Важную роль в регулировании почвенного плодородия играет мониторинг состояния почв, включающий наблюдения за изменениями гумусного состояния и гранулометрического состава почвенного покрова.

Целью работы являлось изучение содержания гумуса и гранулометрического состава сельскохозяйственных почв Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства, расположенного в Камызякском районе Астраханской области.

Объектами исследования послужили почвы многолетней залежи и почвы пашни под овощными культурами. Территория объекта исследования относится к среднему поясу центральной части дельты. Дренажность этой части дельты меньше, чем в более северных районах, минерализация грунтовых вод возрастает. Почвенный покров представлен аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными солонцеватыми среднесуглинистыми почвами на рыхлых аллювиальных отложениях.

Отбор образцов производили методом конверта. Привязка осуществлялась по вершинам четырехугольника. В центре каждого четырехугольника и по его вершинам были заложены почвенные прикопки на глубину до 60 см. Гумусное состояние почв определяли по общему содержанию углерода в почве, гранулометрический состав – по методу Н.А. Качинского (метод пипетки).

Почвы залежи характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, преобладающими фракциями являются илистая и крупнопылевая, составляющими в сумме более 70 %. Почвы пашни характеризуется более легким гранулометрическим составом. Содержание фракций физической глины составило, максимальное – 85.64 % (Участок № 2), минимальное – 21.33 % (Участок № 1). Гранулометрический состав почв залежи и пашни соответствует составу речных донных отложений в зонах аккумуляции. Отсутствие фракции крупного песка (0.25–1 мм) в почвенных горизонтах залежи свидетельствует о протяженном характере переноса и длительности транспортировки отложений.

Процесс гумусообразования протекает в почвах на фоне нейтральной реакции (рН 7.01–7.8) почвенного раствора. Несмотря на различия в содержании гумуса от низкого (1.27 %) к среднему (6.47 %) процессы гумусообразования в исследуемых почвах идут по степному

типу. Профильное распределение гумуса постепенно убывающее. Степень гумификации органического вещества высокая.

Проведенное исследование почвенного покрова сельскохозяйственных земель Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства выявило деградацию почвенного плодородия на залежных землях. Отсутствие внесения удобрений вызывает процесс дальнейшего падения плодородия и зарастание этих залежных земель сорной растительностью.

Работа рекомендована д.б.н., зав. каф. Л.В. Яковлева.

УДК 631.40

## АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРМИКОМПОСТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ИЛОВ СТОЧНЫХ ВОД

Г.Д. Холостов, Е.В. Сазанова

Санкт-Петербургский государственный университет

Kholostov14@mail.ru, katya97vs@yandex.ru

Currently, the processing and use of organic waste is an urgent issue. One of these wastes is activated sludge generated during wastewater treatment. Vermicomposting can be a method of biological transformation of sewage sludge for their further use as organic fertilizers.

Одной из важных задач устойчивого развития является создание эффективной системы переработки органических отходов (Armijo et al., 2007). Большинство ныне существующих методов представляют из себя дорогостоящие химические и физические процессы. В данном случае вермикомпостирование органических отходов потенциально может представлять хорошую альтернативу (Gupta, Garg, 2008).

Цель публикации – охарактеризовать агрохимические свойства субстратов на основе илов осадков сточных вод и вермикомпостов, полученных из этих субстратов.

В качестве объектов исследования были взяты исходные чистые илы сточных вод (И); илы, смешанные с торфом (ИТ) в соотношении 1:1, и полученные при помощи *Eisenia fetida* и *Dendrobaena veneta* вермикомпосты из этих субстратов.

Так, величины водородного показателя водной суспензии ( $pH_{H_2O}$ ) во всех объектах были практически одинаковыми. Значимых различий между значениями ЕКО илов сточных вод и соответствующих верми-

компостов обнаружено не было. Для обоих субстратов выявлено, что вермикомпостирование способствует увеличению содержания подвижных соединений серы.

Кроме того, содержание доступных растениям соединений фосфора было примерно в 60 раз больше, чем содержание доступных растениям соединений калия. Так же был выявлен тренд – с повышением содержания доступных растениям соединений фосфора в объектах исследования, в них возрастало содержание доступных растениям соединений калия.

Как было установлено, нитрат-ионы отсутствовали в обоих субстратах, а в вермикомпостах из чистых илов содержание этих ионов было в три раза больше, чем в вермикомпостах из ИТ. В более зрелых вермикомпостах азот преимущественно находился в нитратной форме, в менее зрелых – в аммонийной.

На основании полученных нами данных можно заключить, что вермикомпостирование может быть предпочтительным методом биологической конверсии осадков сточных вод с целью получения вермикомпостов, которые можно использовать в качестве органических удобрений. Правда, для этого необходимо устранить диспропорциональность между содержанием доступных растениям форм фосфора и калия.

Работа поддержана средствами Научного Центра мирового уровня «Агротехнологии будущего», 2020 – 2025. Договор с Министерством науки и высшего образования № 075-15-2020-922.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. А.И. Поповым.

УДК 631.427

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ВАСИЛЕОСТРОВСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Сюй Шаохуэй

Санкт-Петербургский государственный университет  
st059107@student.spbu.ru

The ecological and biological soil state of the Vasileostrovsky district (St. Petersburg) was examined. The decrease in the values of test functions was revealed in a number of points. This indicates a violation of the soil microbiocenosis functioning, significant soil degradation, and a decrease in their productivity.

Урбанизация сопровождается изменением социального и экологического ландшафта, увеличением роли городского населения и интенсивным землепользованием [1]. В мегаполисах, в том числе и в Санкт-Петербурге, наблюдаются повышение потенциального экологического риска загрязнения городской среды промышленными и бытовыми отходами, сокращение площади озелененных территорий общего пользования и деградация почв. Биотестирование (БТ) является одним из основных методов оценки экологического состояния и качества окружающей среды и широко применяется в современной прикладной экологии [2, 3]. Цель работы – получение оценки эколого-биологического состояния почв на территории Василеостровского района СПб с использованием методов БТ.

Объекты и методы исследования. На территории Василеостровского района в начале вегетационного периода обследованы 20 площадок. Почвенные образцы отобраны с газонов вдоль Большого проспекта В.О., прилегающих к нему линий, в парке Василеостровец и с двух площадок в закрытых дворах. Почвенные образцы отбирались с глубины 0–20 см. Объединенная проба почвы составлялась из 10–15 точечных проб.

Экологическое состояние городских почв оценивалось с использованием трех различных биотестов [2, 4–6]: 1) фитотестирование (ФТ) водных вытяжки из почвенных образцов; 2) интенсивность дыхания семян; 3) дыхание почвы (субстрат-индуцированное дыхание и средорегулирующая активность). Аналитическая повторность 3-х кратная. Тест-объектом для ФТ были семена овса обыкновенного (*Avena sativa*), для определения интенсивности дыхания семян – семена горчицы белой (*Sinapis alba*).

Результаты и обосуждение. Проведенное ФТ показало, что всхожесть семян *A. sativa* варьировала от 73 до 100 %. По сравнению с контролем, наблюдалось уменьшение длины корня в 10 точках и уменьшение побегов в 11 точках. Наибольший ингибирующий эффект проявился в пробах, отобранных с газонов вдоль Большого проспекта. Это свидетельствует о том, что присутствие водорастворимых форм поллютантов в исследованных пробах оказывает существенное влияние на развитие вегетативных органов данного тест-объекта.

Определение интенсивности дыхания семян показало, что в разных пробах семена *S. alba* дышат с разной интенсивностью (рис. 1).

Определение субстрат-индуцированного дыхания почв (1-ые сутки наблюдений) показало, что эмиссия CO<sub>2</sub> варьировала от 0 до 53.7 мг/г почвы/сут. (рис. 2). В точке № 2 с газона вдоль Большого про-

спекта продуцирования CO<sub>2</sub> не было выявлено, вероятно, это связано с деградацией почвы (загрязнением и недостатком лабильных гумусовых веществ). Более интенсивное дыхание наблюдалось в пробах закрытых дворов и парка.

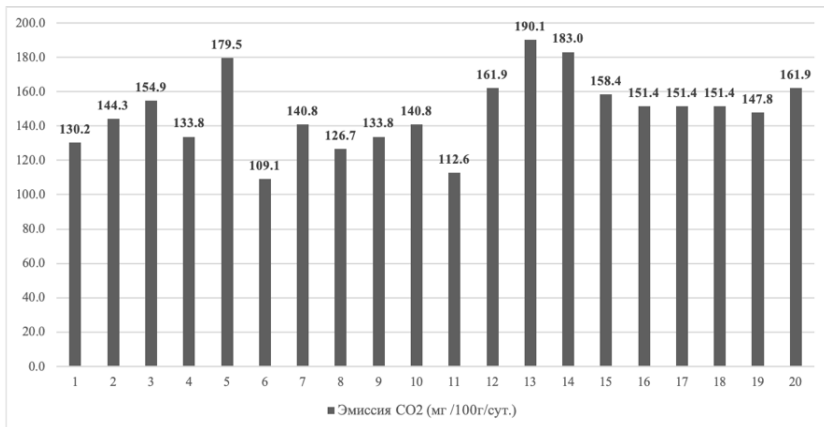


Рисунок 1. Динамика продуцирования CO<sub>2</sub> семян горчицы белой.

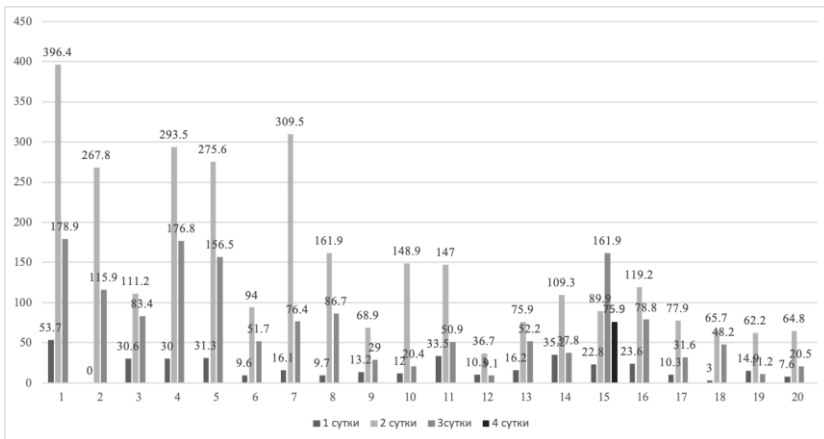


Рисунок 2. Динамика продуцирования CO<sub>2</sub> опытных образцов почвы.

При определении средорегулирующей активности почв максимальный уровень дыхания всех образцов почвы (исключая № 15) был зафиксирован на вторые сутки (рис. 2). Замедление ответной биологи-

ческой активности, возможно, связано с загрязнением и их неблагоприятным эколого-биологическим состоянием.

Заключение. Проведенное БТ позволило оценить качество почв Василеостровского района СПб. Состояние части почв можно оценить как благополучное, однако в ряде точек выявлено снижение значений тест-функций, что свидетельствует о нарушении функционирования почвенного микробного сообщества, значительной деградации почв и снижении их продуктивности. Для более точного определения причин ухудшения эколого-биологического состояния обследуемых почв, требуется проведение дополнительных исследований, таких как определение содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов и др.

#### Литература

1. *Демография*: учеб. пособие / А.И. Щербаков, М.Г. Мдинарадзе, А.Д. Назаров, Е.А. Назарова; под общ. ред. д-ра экон. наук, профессора А.И. Щербакова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 216 с.

2. Орлова Е.Е., Бакина Т.А., Орлова Н.Е., Лабутова Н.М., Банкин М.П., Якконен Л.К. Практикум по агроэкологии: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-петерб. Ун-та, 2011. 148 с.

3. *Мощеникова Б.Н.* Оценка экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга // дисс. кандидат. биол. наук. 2011. 20 с.

4. *Головкин Э.А.* О методах изучения биологической активности торфяных почв // Микробиологические и биохимические исследования почв: Мат. науч. конф. по методам микробиол. и биохим. исследований почв. Киев, 28–31 октября 1971. Киев: Урожай, 1971. С. 68–76.

5. *Чугунова М.В.* Оценка биологического состояния дерново-подзолистой почвы, загрязненной различными дозами нефти / Сб. науч. тр. Гумус и почвообразование. СПб, 2005. С. 191–196.

6. *Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф., Демин В.В.* О возможной природе биологической активности гуминовых веществ // Почвоведение, 2018, № 9, с. 1099–1107.

Работа рекомендована ст. преподавателем каф. агрохимии СПбГУ к.с.-х.н. Е.Е. Орловой.

## Секция II

### *Экосистемные услуги почв*

# DETERMINATION OF THE INITIAL VELOCITY OF CATALASE ENZYME IN SOILS

E. Erdel, F. Mikailsoy  
Turkey, Iğdir University  
erhan.erdel@igdir.edu.tr

Keywords: Soil, enzyme, catalase, kinetic parameters, initial velocity.

Soil enzymes, one of the soil quality parameters, are responsible for nutrient cycling, decomposition of organic matter and catalyzing numerous reactions in the soil. Soil enzymes are generally of microbial origin as well as being of animal and plant origin. Since the amount of enzymes cannot be determined in the soil, their activities are determined. For more detailed information on enzymes, it is important to investigate the mechanism of action of enzymes. From this point, it is necessary to determine the kinetics and thermodynamics of enzymes.

As it is known, when the biological properties of the soil are examined, one of the most important enzyme is catalase. Catalase is the enzyme that breaks down the hydrogen peroxide which is toxic chemical substance for soil environment and is effective in meeting the oxygen needs of microorganisms in the soil. It is important to investigate the kinetics of this enzyme in order to determine its function in soil. For the Michaelis-Menten model which is used in kinetic studies, the initial velocity of the enzymatic reaction ( $v_0$ ) must be known.

In our study, analyzes were performed at different substrate concentrations (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30) in order to calculate the catalase enzyme kinetic parameters ( $K_m$ ,  $V_{max}$ ) of the soils.

Different models (Hyperbolic, Binomial, Binomial-parabolic, 5<sup>th</sup> degree polynomial, 6<sup>th</sup> degree polynomial, 5<sup>th</sup> degree pseudo polynomial and 6<sup>th</sup> degree pseudo polynomial) were used to determine the initial velocity of the catalase enzyme reaction. According to these models, initial velocity calculations of each concentration were calculated via STATISTICA 10 package program.

The most suitable model was determined according to the model selection criteria ( $R^2$ ,  $R^2_{adj}$ ,  $\sigma$ , A, D, UII, AIC) the appropriate model was selected.

According to the model selection criteria, it was determined that the best model for all soils was the Binomial model.

Finally, the values of kinetic parameters ( $K_m$ ,  $V_{max}$ ) were determined using the Briggs-Holdeyn hyperbolic model between initial velocity ( $v_0$ ) and substrate concentrations.

The paper is recommended by Doctor, professor F. Mikailsoy.



# WATER TABLE LEVEL IN THE FLOODPLAIN FOREST AND ITS EFFECT ON THE SOIL

L. Sedlák<sup>1</sup>, J. Plisková<sup>1,2</sup>, L. Pospíšilová<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Czech Republic, Mendel University in Brno

<sup>2</sup>Czech Republic, Crop Research Institute in Prague

xsedlak@mendelu.cz

The ecosystem of a floodplain forest is very valuable and breakable. Forest and water are inextricably linked as elements of the landscape. The existence of floodplain forest relates closely to the specific natural conditions and moisture regime. Monitoring of water table level, soil moisture, and soil physical properties (e.g., porosity, bulk density, and hydrolimits) at Lednice na Morav (Mendel University in Brno, Czech Republic) has been ongoing since 2019. Monthly data on the amount of precipitation, water table level, and soil physical parameters are collected. In Fig. 1, the Z-Score is calculated from the data obtained from the water table level measurements. The results indicate that the water table level is quite deep because of the very dry autumns in 2019 and 2021. Fig. 2 shows the similar dynamic of soil moisture during the studied period. If the dry periods last for an extended period of time, the floodplain ecosystem may suffer. The critical situation needs artificial watering. A network of irrigation canals was constructed there to protect and save this area. As a result, ongoing monitoring is advised.

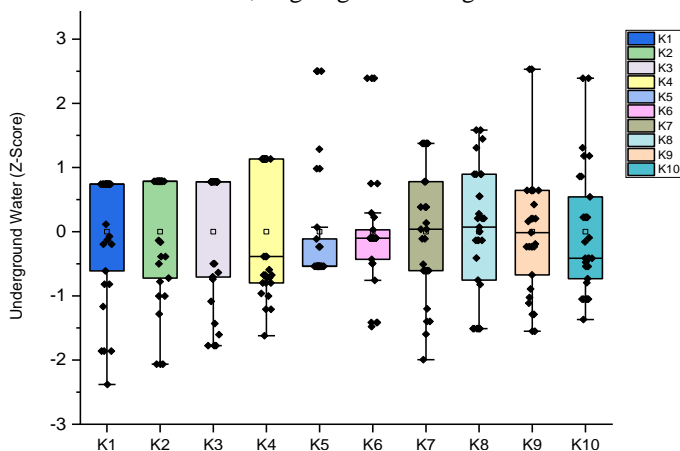


Fig. 1. Water Z-Score of each monitored point of water table level (the size of each box – the smaller the deeper the groundwater is measured and it must be in plus values) (based on own data processing).

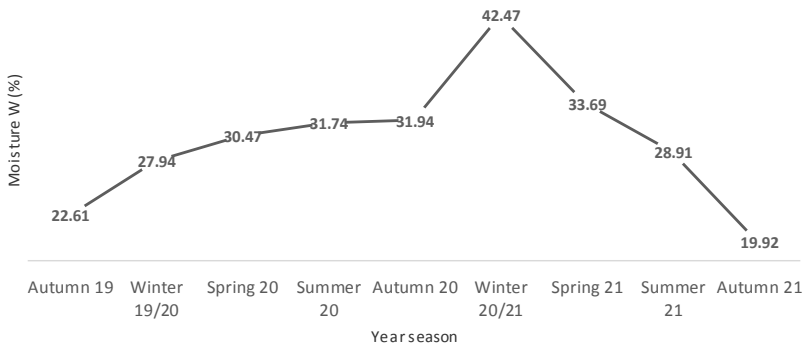


Fig. 2 Graph of average values of soil moisture (W, %) (based on own data processing).

Acknowledgement: The study was supported by the Czech National Agency for Agricultural Research – projects No QK 21010124 and QK 1810233.

The paper is recommended by Doctor of Biological Science, assoc. prof. L. Pospíšilová.

## NON-VEGETATED PEAT DAMS AS CO<sub>2</sub> AND N<sub>2</sub>O HOTSPOTS DURING THE FIRST YEARS OF PEATLAND RE-WETTING

O. Vybornova

Institute of Soil Science, University of Hamburg, Hamburg, Germany

Olga.Vybornova@uni-hamburg.de

Peatland ecosystems cover around 3 % of the Earth's land surface and can act as source or sink of carbon and nitrogen to the atmosphere, mainly under the form of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O. Previous research suggested that the rapid drainage of peatlands, consequent soil subsidence and decomposition result in significant greenhouse gas (GHG) emissions. The re-wetting of drained peatlands is a common practice for re-establishing near-natural hydrological conditions and for reducing peatland GHG emissions, especially of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), which are enhanced under peatland drainage and extraction.

In the study site – drained peatland Himmelmoor (in Quickborn, Germany) – the re-wetting process started in 2009 by creating polders surrounded by peat dams. In this research we examined differences in CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and

N<sub>2</sub>O emissions between a flooded (FL) area, a bare peat dam (PD) area and an abandoned (but still drained) extraction (E) area during a period of 2.5 years in 2014–2016. The results showed that all study areas were GHG sources, although large differences were identified between the different sites. Winter CO<sub>2</sub> emissions from all sites (FL, PD, E) were within the range previously reported for rewetted peatlands, but summer CO<sub>2</sub> emissions from PD (1–20 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) strongly exceeded the reported average range for similar bogs. Very low and irregular CH<sub>4</sub> fluxes were detected at both PD and FL, ranging from –6 to 23 nmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> at PD and from –13 to 49 nmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> at FL. In comparison to other peatlands, the observed N<sub>2</sub>O emissions were high, especially at the PD sites with maximum daily means of 20 nmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> in summer 2016. In general, the flooded excavation sites (FL) showed lower GHG emissions than the not-rewetted excavation area (E). Also, despite the relatively small coverage of the peat dams (PD), these areas showed a larger total GHG emission than the E and FL sites.

This study suggests that dry bare peat dams are hotspots of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions during the first years of flooding, and strongly reduce the overall climate mitigation potential of rewetting practices. During future rewetting activities which involve the use of peat dams, the negative effect on GHG fluxes should be considered (Vybornova et al., 2019). The results of this study can help in providing suggestions to improve restoration practices and enhance ecosystem services, such as revegetation with Sphagnum mosses.

## References

1. Vybornova O., van Asperen H., Pfeiffer E. & Kutzbach L. (2019) High N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> emissions from bare peat dams reduce the climate mitigation potential of bog rewetting practices. *Mires and Peat*, 24(04), 1–22. doi: 10.19189/MaP.2017.SNPG.304

We are grateful for the support of Universität Hamburg (HmbNFG) and the Cluster of Excellence CliSAP (EXC177) funded by the German Research Foundation (DFG).

ASSESSING SOIL HEAVY METAL POLLUTION AND HUMAN  
HEALTH RISK IN HEAVILY INDUSTRIALIZED AREAS,  
NORTHEAST CHINA

Liangmiao Zhang

China, Jilin University, zhanglm20@mails.jlu.edu.cn

Soil heavy metal pollutants has proven to be a great threat to human health and ecological system due to its toxicity, bioaccumulation, and persistence. This study aims to investigate the spatial distribution characteristics of soil heavy metals pollution by using multivariate and geostatistics methods and assess the human health risk in heavily industrialized areas of Northeast China. Objects of investigate were Phaeozem and Kastanozem [1]. The results suggest that lead concentration is positively correlated with arsenic concentration. Pollution is more serious within 1 m from the surface and the pollution level below 2 m becomes lighter because of the low speed of pollutant migration. With the long pollution time, the maximum pollution depth can reach up to 5 m in each area. Arsenic enters the deeper soil in the eastern region, and its migration speed is greater than that of lead. The stacking of lead and arsenic-containing smelting slag is the main source of heavy metals pollution in soils. For the exposure pathways of human health risk, inhalation and oral ingestion of pollutant particles have the highest carcinogenic and non-carcinogenic risk values. Moreover, carcinogenic and non-carcinogenic risk value for children ( $4.78E-03$  and  $1.57E+02$ ) is much higher than adults ( $2.77E-03$  and  $2.44E+01$ ) respectively.

#### Literature

1. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps // Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. P. 181.

The paper is recommended by Doctor, professor Qingchun Yang.

ПРИОРИТИЗАЦИЯ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПОДБОРЕ  
ПОДВОЕВ ДЛЯ ЗАКЛАДКИ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

А.А. Аверьянов<sup>1</sup>, Н.В. Агаджанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,  
averianov.a.a@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
Российской академии наук, nel.agadzhanova@yandex.ru

Soil terroir factor plays a decisive role in the design of vineyards. This paper presents an algorithm and the results of selection of rootstocks when planting a new vineyard in Bakhchisaray district of the Republic of Crimea.

При возделывании технических сортов *Vitisvinifera*, широкое распространение находит привитая культура винограда. Выбор подвоев является одним из наиболее важных этапов в проектировании виноградных насаждений, определяя сортовое разнообразие, пространственное размещение посадок, агротехнические приемы и концепцию хозяйства в целом.

Целью данной работы являлась разработка алгоритма подбора подвоев и его применение для расширения территорий винодельческого хозяйства, расположенного в Балаклавском районе республики Крым. Почвенный покров исследуемых участков представлен агроземами светлыми, сформированными на элюво-делювии глинистых сланцев и известняков Внутренней гряды Крымских гор в условиях умеренного морского климата.

Нами были выявлены и приоритизированы ключевые стрессовые факторы, на основании которых был разработан сценарий выборки подвоев по степени их устойчивости (рис. 1). Всего рассматривалось 44 подвойных сорта. Первые два этапа – содержание активной извести и индекс продуктивности хлороза (IPC), учитывали карбонатное состояние почвы. Сопоставление количественных характеристик данных параметров с данными устойчивости подвоев привело к сокращению выборки от 44 до 11 сортов. На заключительном этапе, который учитывал риск локального переувлажнения, были определены итоговые варианты подвоев, предложенные хозяйству. Участок 1 – Fercal, Paulsen 1103, участок 2 – Fercal, Paulsen 1103, 140 Ruggeri, 110 Richter.

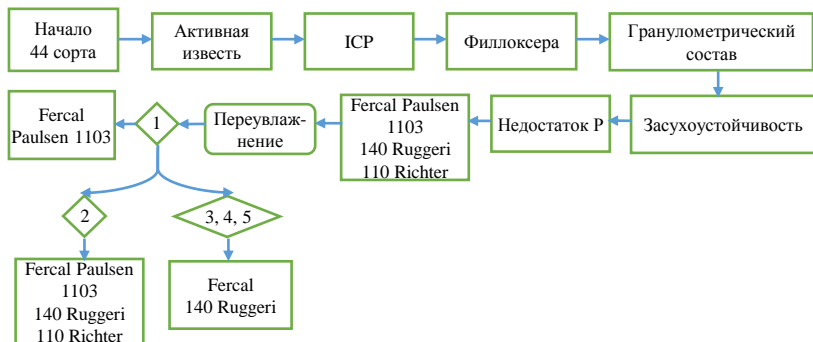


Рисунок 1. Алгоритм подбора подвоев.

Применение алгоритма подбора подвоев, учитывающего степень важности стрессовых факторов терруара, позволило подобрать сорта, наиболее адаптированные к локальным условиям.

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

## УДК 631.4

### СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РАСТИТЕЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА КАЗАНСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

К.А. Бодалев

Казанский федеральный университет, [bodalev.kostya@gmail.com](mailto:bodalev.kostya@gmail.com)

The structural and aggregate composition of Luvisols of the Kazan Federal University Botanical Garden under various plant communities was studied. It was found that the most of soil aggregates with a size of 0.25–10 mm and the most of water stable aggregates belong to the *Pinetum oxalidosum* community.

Структура почв оказывает большое влияние на рост и развитие растений, способствуя удерживанию и доступности питательных элементов, а также поддерживая оптимальный водно-воздушный режим.

Изучался структурно-агрегатный состав почв растительных ассоциаций Ботанического сада Казанского федерального университета (КФУ). Почвенный покров представлен серыми лесными почвами (содержание гумуса в верхнем горизонте = 1.5 %) [1]. Согласно геоботани-

ческому описанию на территории было выделено пять растительных ассоциаций: луг вейниковый, луг мелкопестниковый, сосняк кисличный, сосняк земляничный с березой, березняк вейниковый. Было отобрано 50 почвенных образцов верхнего горизонта для определения структурно-агрегатного состава по Н.И. Саввинову. По результатам структурно-агрегатного анализа определялись: коэффициент уязвимости структуры ( $K_v$ ), оценка структурного состояния по коэффициенту структурности ( $K_{cmp}$ ) и водоустойчивости по содержанию водопрочных агрегатов [2]. Данные обрабатывались критерием Манна-Уитни, также проводился кластерный анализ методом  $k$ -средних.

Отличным структурным состоянием характеризуются 68 % образцов ( $K_{cmp} > 1.5$ ), хорошая водоустойчивость структуры характерна для 74 % образцов (40–75 % водопрочных агрегатов). Статистически значимые различия наблюдались для  $K_{cmp}$  и  $K_v$ . По значениям  $K_{cmp}$ ,  $K_v$ , степени проективного покрытия (ПП) и количества стволов деревьев выделено три кластера: 1 – луга и березняк, 2 – сосняк с березой, 3 – сосняк кисличный. Ассоциации кластера 1 характеризуются высокой степенью ПП (75–90 %), в то время как в кластерах 2 и 3 этот показатель не превышает 10 %. Значения  $K_{cmp}$  и  $K_v$  для этого кластера (2.16 и 4.90) близки к значениям кластера 2 (1.96 и 4.96). Кластер 3 отличают наибольшее значение  $K_{cmp}$  (4.44) и минимальное значение  $K_v$  (3.07) из рассмотренных. Структура почвы сосняка кисличного имеет наибольшее количество агрономически ценных агрегатов и более высокую водоустойчивость, что может быть связано с физико-химическими свойствами почв.

#### Литература

1. *Латыпова Л.И., Маннапова Т.Е., Гиниятуллин К.Г.* Некоторые физико-химические свойства залежных светло-серых лесных почв Предкамья РТ / Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века: сборник трудов III международной конференции – Казань, 2017. С. 688–689.

2. *Козут Б.М., Сысеев С.А., Холодов В.А.* Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании / Почвоведение, № 5, 2012. С. 555–561.

Работа рекомендована ст. преп. И.А. Сахабиевым.

ГЕНЕЗИС ПОЧВ С ЭЛЮВИАЛЬНЫМ ГОРИЗОНТОМ  
НА ОЛИГОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

А.А. Воеводская

Санкт-Петербургский государственный университет  
Voevodskaya\_Anastasia@mail.ru

On the «Forest on Vorskla» section of the Belogorye nature I reserve soil ranges with a textural-differentiated profile on Oligocene loams with a morphologically well-defined isolated eluvial horizon were encountered. According to combination of organo-accumulative, eluvial, sub-eluvial and texture horizons, which form the soil profile, these soils would call sod-podzolic.

В Белгородской области на территории заповедника «Белогорье» (участок «Лес на Ворскле») были встречены ареалы почв с текстурно-дифференцированным профилем на олигоценовых суглинках с морфологически хорошо выраженным обособленным осветленным (предположительно элювиальным) горизонтом. Эти почвы по строению горизонтов резко контрастировали с доминирующими серыми и темно-серыми почвами, сформированными на карбонатных лессовидных суглинках.

По сочетанию органо-аккумулятивного, элювиального, субэлювиального и текстурного горизонтов, слагающих почвенный профиль, эти почвы следовало бы относить к дерново-подзолистым. Однако, формирование этих почв идет вразрез с биоклиматическими условиями лесостепи, где доминирующими являются серые, темно-серые почвы и черноземы.

В ходе исследования, на основании данных детального изучения макро- и мезоморфологического строения почвенных профилей, был выявлен комплекс элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП), формирующих профиль с элювиальным горизонтом. Также был проведен анализ гранулометрического и валового (рентгенофлуоресцентным методом) составов почв.

Исследования показали, что данные почвы встречаются единичными ареалами в почвенном покрове нагорных дубрав и приурочены к склоновым позициям рельефа, что определяет дополнительные условия естественного дренажа. Был выявлен ряд элементарных почвообразовательных процессов: гумусообразование, гумусонакопление – в верхних гумусовых горизонтах, также оподзоливание в элювиальной толще. Текстуальные горизонты почв характеризуются сложным кутанным комплексом.



Данные гранулометрического состава показали резкую дифференциацию профиля по элювиально-иллювиальному типу. Содержание грубодисперсных фракций, напротив, слабо дифференцировано по профилю, что позволяет судить об отсутствии литогенной неоднородности в профиле толщи на олигоценых отложениях.

Результаты валового анализа свидетельствуют о резкой дифференциации профиля: наблюдается относительное накопление кремнезема в элювиальной толще, обеднение её полуторными оксидами ( $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$ ) и накопление их в текстурной толще. Все эти признаки указывают на выраженность процесса подзолообразования.

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

УДК 631.840

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ ДОЗ  
КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ  
ПОКАЗАТЕЛИ СЕЯННОГО ГАЗОНА

В.К. Гвоздь, Е.А. Наскидаева, Н.А. Александров,

Д.И. Шаламов, М.М. Визирская

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, var\_gvozd@mail.ru

The experience is based on the thesis that in the formation of a high-quality lawn covering resistant to anthropogenic and weather loads, the use of nutrition elements plays the greatest role, taking into account the balance of macro- and micro-elements in complex fertilizers.

В основу опыта положен тезис о том, что при формировании качественного газонного покрытия устойчивого к антропогенным и погодным нагрузкам в наибольшей степени играет роль использование элементов питания с учетом сбалансированности макро- и микроэлементов в комплексных удобрениях. Для обеспечения высокого качества газонных травостоев необходимо подбирать оптимальное минеральное питание [1], так как качество газона зависит от многих факторов: погоды, предварительной обработки почвы, последующего ухода [2].

Цель проекта: выявить способы формирования наиболее качественных и устойчивых сеяных газонов с помощью оптимальных доз комплексного удобрения на примере Нитроаммофоски.

Идеальный сеянный газон должен иметь однородный по густоте и цвету травостой, однородную окраску, прочную и упругую дернину

[2], формирование устойчивых газонных покрытий требует особого подхода – искусственного формирования почв с необходимыми агрофизическими свойствами и систематического применения удобрений [3].

В комплексном удобрении, которое используется в опытах, сбалансировано содержание макроэлементов NPK 16:16:16, при его периодическом внесении в виде подкормок в установленные сроки в наибольшей степени проявляется действие макроэлементов.

Опыт заложен в августе 2021 года на территории Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве тестового объекта выбран сеяный газон. Состав трав для сеяного газона представлен следующим составом – мятлик луговой (10 %), овсяница красная измененная (30 %), овсяница красная (45 %), овсяница овечья (10 %), полевица побегоносная (5 %)[3].

В качестве тестируемого комплексного удобрения использовалась Нитроаммофоска (NPK 16:16:16).

В опыте 5 вариантов (табл.) каждый из которых заложен в 3-кратной повторности, расположение делянок рендомизированное.

Таблица. Схема опыта

№	Вариант	Код варианта
1	Контроль сеяный газон	СК
2	Сеяный газон + Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (10 г/м <sup>2</sup> )	СК10
3	Сеяный газон + Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (30 г/м <sup>2</sup> )	СК30
4	Сеяный газон + Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (40 г/м <sup>2</sup> )	СК40
5	Сеяный газон + Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (60 г/м <sup>2</sup> )	СК60

Методы исследования. По методу А.А. Лаптева в режиме мониторинга (1 раз в 10 дней) для оценки формирования и функционирования газонов будут оцениваться следующие показатели: масса надземной биомассы, масса 1 см<sup>3</sup> высушенного дерна, масса корней из 0.5 дм<sup>3</sup> почвы, плотность газонного покрытия, цветность, высота травостоя, показатель хлорофилла (N-тестер) [3].

Период от момента посева до окончания вегетационного периода считается периодом наблюдения. На первоначальном этапе проведен первый укос с взвешиванием биомассы перед уходом газона в зиму и измерена высота травостоя сеяных газонов.

Первичные результаты. В ходе исследований, проведенных в период с августа по ноябрь, произведен укос наземной биомассы, осуществлен замер высоты травостоя, проведена фотофиксация проективного покрытия и отобраны образцы для проведения агроэкологиче-

ского почвенного анализа, измерения массы дернины и учёта массы корневой системы.

В результате проведенного анализа было выявлено: по сравнению с контролем максимальный прирост биомассы показал вариант СК60 (доза удобрения –  $60 \text{ г/м}^2$ ) =  $283 \text{ г/м}^2$ , что в 8 раз выше, чем показатель прибавки биомассы на контроле ( $35 \text{ г/м}^2$ ) (рис. 1), также данный вариант показал максимальную высоту травостоя ( $42 \text{ см}$ ), что в 2.2 раза выше чем показатель высоты травостоя на контроле ( $19 \text{ см}$ ) (рис. 2). Минимальные показатели высоты и прибавки биомассы были получены в варианте СК10 (доза удобрения  $10 \text{ г/м}^2$ ) (рис. 2).

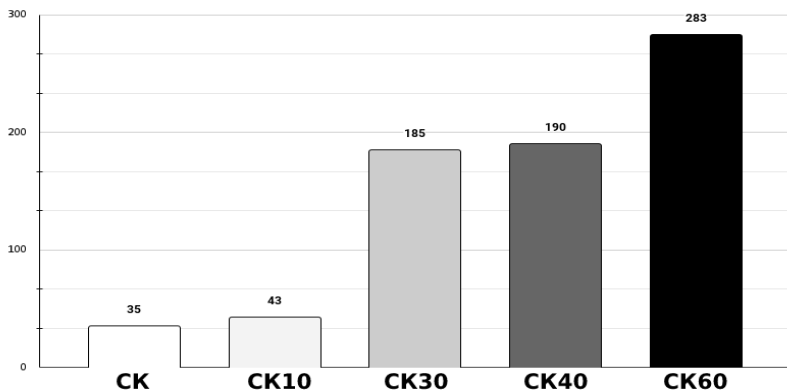


Рисунок 1. Средняя прибавка биомассы,  $\text{г/м}^2$  за 2021 год.

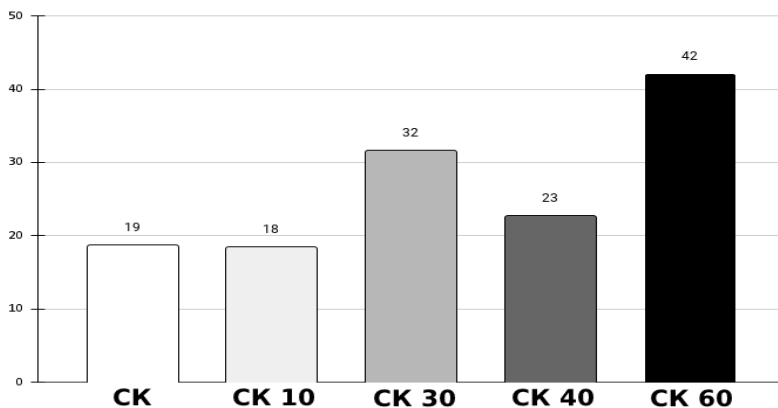


Рисунок 2. Средняя высота сеяных травостоев, см за 2021 год.

## Литература

1. *Архипова Л.В.* Критерии оценки качества газона на гринах гольф-полей. – МГУЛ, выпуск 6, 01/2008 – 12/2008

2. *Мазиров И.М.* Газон. Создание и уход / Москва: ЛитРес: Самиздат, 2019. 107 с.

3. *Гвоздь В.К., Александров Н.А., Джанчаров Т.М., Мазиров И.М., Визирская М.М.* Экологическая оценка качественных характеристик газонных травостоев рулонного типа при использовании различных видов минеральных удобрений и перлита – Сборник научных трудов XXIV Международной научно-практической конференции. В рамках Агропромышленного форума юга России: выставок «Интерагромаш», «Агротехнологии». Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «ДГТУ-ПРИНТ» (Ростов-на-Дону), 2021. – 409–413 с.

Работа рекомендована к.б.н., доц. каф. экологии Т.М. Джанчаровым.

УДК 631.4; 574.56

## ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ КОНКРЕЦИЙ В ПОЧВАХ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ

С.М. Горохова, Ч.Д. Шаймухаметова

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, gorohova.s@hotmail.com

Iron-manganese (Fe-Mn) nodules taken from a Umbric Albeluvisols Abruptic and a Luvic Stagnosols Dystric accumulate Co, Zn, and Cu. For the first time, the ecological and geochemical roles of iron-manganese nodules in fallow soils of the Middle Cis-Urals were studied using the method of atomic absorption spectroscopy.

Железомарганцевые конкреции (ЖМК) являются общей чертой морфологии почв гумидных ландшафтов [1–3]. Они содержат обширную информацию о почвенных процессах, палеоэкологических изменениях и геохимии элементов [4; 5].

Объекты исследования: 1. дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва на элювиально-делювиальных отложениях (разрез 1-Ч-3, координаты: 57°82'86" с.ш., 56°51'12" в.д.); 2. дерново-подзолистая глинистая поверхностно-глееватая почва на элювиально-делювиальных отложениях (разрез 1-С, координаты: 57°95'14" с.ш. 56°29'51" в.д.). Вид угодий – залежь. Валовой химический состав почв и конкреций определен атомно-абсорбционным методом на спектрометре iCE 3500 с пламенной атомизацией.

Эколого-геохимическая роль конкреций оценена путем сравнения химического состава новообразований с составом почвы до проведения отмывки конкреций, и со значениями кларков для почв мира по А.П. Виноградову [6]. Коэффициенты обогащения-обеднения (КК) ЖМК тяжелыми металлами сравнивали со шкалой: при КК >1 – ЖМК обогащены химическим элементом, в противном случае – обеднены [7].

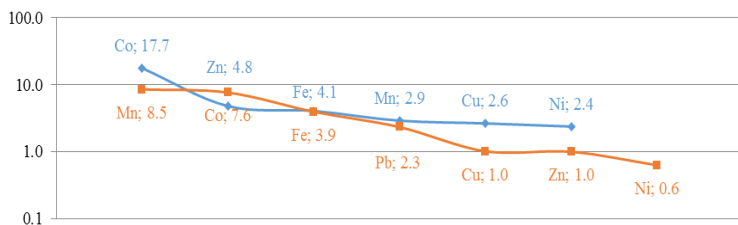
Коэффициенты обогащения-обеднения конкреций химическими элементами составляют следующие геохимические ряды (рис. а):

а) для дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы  $Co > Zn > Fe > Mn > Cu > Ni$ ;

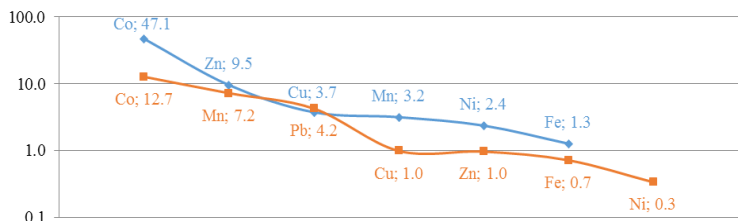
б) для дерново-подзолистой глинистой поверхностно-глеевой почвы  $Mn > Co > Fe > Pb > Cu > Zn > Ni$ .

В конкрециях оглеенной почвы марганец аккумулируется более интенсивно, чем железо, а концентрирование никеля в марганцевых новообразованиях не происходит.

ЖМК конкреции почв Среднего Предуралья аккумулируют Co, Zn, Cu (рис. б).



а



— Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая почва  
 — Дерново-подзолистая глинистая поверхностно-глеевая почва

б

Рисунок. Эколого-геохимические ряды обогащения-обеднения химическими элементами железо-марганцевых конкреций: а) относительно почв до проведения отмывки конкреций; б) относительно почв мира по А.П. Виноградову.

Таким образом, эколого-геохимическая роль железо-марганцевых конкреций залежных дерново-подзолистых почв Среднего Предуралья заключается в выводе из биогеохимического цикла кобальта, цинка и меди.

#### Литература

1. *Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Сухачева Е.Ю.* Диагностика элювиального горизонта // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология. 2011. № 2. С. 119–128.

2. *Зайдельман Ф., Никуфорова А.* Mn-Fe конкреции почв и их изменения под влиянием оглеения на почвообразующих породах разного генезиса // Почвоведение. 1998. № 8. С. 901–909.

3. *Тимофеева Я., Голов В.* Железо-марганцевые конкреции как накопители тяжелых металлов в некоторых почвах Приморья // Почвоведение. 2007. № 12. С. 1463–1471.

4. *Jiang Z.-D. et al.* Fe-Mn concentrations in upland loess soils in mid-continental north America: A step towards dynamic soil survey // CATENA. 2021. Vol. 202. P. 105273.

5. *Junna T.* Pedogenic Ferromanganese Nodules in the Late Neogene Sediments of Lantian, Southern Chinese Loess Plateau: Master's thesis / T. Junna. – Helsinki: University Of Helsinki, 2020. – 105 p.

6. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / Издательство Академии Наук СССР. Москва. 1957. 239 с.

7. *Vasiliev A., Gorokhova S., Razinsky M.* Technogenic Magnetic Particles in Soils and Ecological–Geochemical Assessment of the Soil Cover of an Industrial City in the Ural, Russia / Geosciences. 2020. Vol. 10. № 11. P. 443.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90070 «Оценка и меры по снижению экологических рисков загрязнения почв тяжелыми металлами в составе магнитных частиц при ведении агрохозяйства на территориях с высоким уровнем антропогенной нагрузки на окружающую среду и почвенный покров».

Работа рекомендована к.с.-х.н., зав. каф. почвоведения А.А. Васильевым.

ПРОДУКЦИЯ  $\text{CO}_2$  И  $\text{CH}_4$  В ПОЧВАХ ГОРОДСКИХ ГАЗОНОВ  
С РАЗЛИЧНЫМИ ДОЗАМИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Е.Н. Деревенец

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
lizaderevenets@yandex.ru

Identifying the role of urban soils in greenhouse gas emissions is of practical importance. Fertilizers are one of the factors influencing the flow of  $\text{CO}_2$  and  $\text{CH}_4$ . It is necessary to estimate the relationship between the flow of greenhouse gases and the introduction of fertilizers for soils under urban lawns.

Почвы выполняют важные экологические функции для урбоэкосистем. Важность выявления роли городских почв как поглотителей или источников климатически активных газов отражена в глобальной климатической повестке и государственной стратегии развития. Большую долю городских пространств занимают почвы под газонами, которые служат депо  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ . Одним из факторов, оказывающих влияние на эмиссию углеродсодержащих парниковых газов из почв, являются удобрения, применяемые с целью повышения продуктивности и устойчивости газонов.

Цель исследования – изучение эмиссии  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  из почв городских газонов с различными дозами минеральных удобрений на опытной площадке Ботанического сада МГУ имени М.В. Ломоносова (опыт заложен аспирантом Королевым П.С. под руководством Большевой Т.Н.).

В сентябре 2021 года эмиссия  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  измерялась камерным методом на 9 пробных площадках (ПП) в трех повторностях с использованием светопроницаемой и непроницаемой камеры. Температура почвы была на уровне 13–14 °С, влажность – 40–50 %, содержание органического вещества 12–15 %,  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  – 5.9–6.1 (на ПП № 10  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  – 5.6).

По предварительным исследованиям, внесение комплексных минеральных удобрений снижает эмиссию  $\text{CO}_2$  в сравнении с контрольным участком. Эмиссия  $\text{CO}_2$  меньше на участках с меньшими дозами удобрений. Наибольший эффект в снижении эмиссии отмечен на ПП № 9 при внесении удобрений состава N30P13K15, наименьший эффект – на ПП № 6 с удобрениями состава N60P60K60. В светопроницаемой камере отмечено большее поглощение  $\text{CO}_2$  на площадках с меньшими дозами удобрений. Наибольшее поглощение  $\text{CO}_2$  (–200 мг/м<sup>2</sup> в ч) при низком уровне эмиссии (116–141 мг/м<sup>2</sup> в ч) отмечено на ПП № 10 при внесении удобрений состава N30P30K30 (рис.).

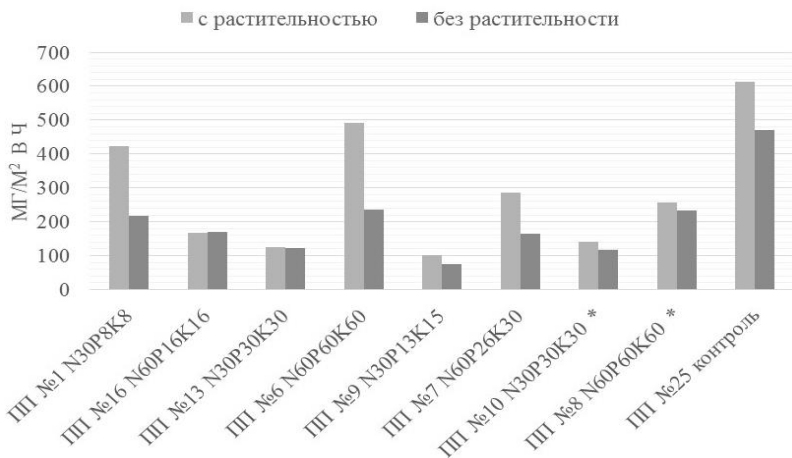


Рисунок. Эмиссия  $\text{CO}_2$  из почв под газонами Ботанического сада МГУ.

Локальная эмиссия  $\text{CH}_4$  ( $0.01 \text{ мг/м}^2$  в час) отмечена на ПП № 1, 8 и 10. В целом, на участках преобладает поглощение  $\text{CH}_4$  с интенсивностью  $-0.02 \text{ мг/м}^2$  в час.

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. С.А. Кулачковой.

УДК 631.40

ДИНАМИКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДА  
РУССКОЙ РАВНИНЫ НА ОСНОВАНИИ  
ПОЧВЕННО-АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ  
РАННЕСРЕДНЕВЕКОВЫХ СЛАВЯНСКИХ ПАМЯТНИКОВ

И.А. Жарких

Санкт-Петербургский государственный университет, igor.j88@mail.ru

The object of research is the soils buried under burial monuments. The aim of this work is a reconstruction of the natural environment of the 9–11 century period. AD and studying the dynamics of soil properties. An integrated approach to the study of historical bulk monuments, also allows you to reconstruct the features of human economic activity.

Объектом исследования являются почвы, захороненные под погребальными памятниками в Северо-Западной части Русской Равнины. Данная территория являлась областью активной торговой и военно-



политический миграции населения, особенно в эпоху Средневековья. Следствием этого явилось формирование многочисленных исторических памятников, особенно групп курганных захоронений.

Целью работы является палеоэкологическая реконструкция природной среды периода IX–XI в.в. н.э. и изучение динамики средневековых изменений почвенных свойств на территории регионов Северо-Запада Русской равнины по результатам изучения погребенных почв.

В данной работе рассмотрены 4 сопряженных группы «рукотворная курганная насыпь/погребенная почва» расположенные в Плюсском районе Псковской области. Курганные группы относятся к археологической культуре «псковских длинных курганов». Почвы территории представлены подбурами, сформированными на водно-ледниковых отложениях песчаного гранулометрического состава. Современная растительность представлена сосновыми зеленомошными лесами, а также смешанными сосново-мелколиственными лесами.

Насыпь кургана представляет собой массив куполообразной формы, сформированный из минерального материала, сходного по составу и сложению с материалом погребенной почвы. Минеральная масса характеризуется преимущественно средней и слабокислой реакцией среды ( $\text{pH}_{\text{водн.}}$  4.9–5.7). Верхний слой погребенной почвы обогащен пирогенным углем, что может свидетельствовать о выжигании площадки при подготовке постройки кургана.

Почва, сформированная на курганной насыпи по своим морфологическим параметрам сходна с погребенной и фоновыми почвами. Кроме того, в нижней части насыпи одного из курганов прослеживаются остатки блоков органогенного материала, вероятно подстилочно-торфяного горизонта. Изучение видового состава растительности по результатам фитолитного анализа позволит реконструировать растительное сообщество территории на момент сооружения погребального памятника, что дополнит характеристику экологических условий.

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ И  
ОПАДА И pH СОЛЕВОЙ ВЫТЯЖКИ ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ  
УСЛОВИЯХ МЕЗОРЕЛЬЕФА НА ТЕРРИТОРИИ ЛОД РГАУ-МСХА  
ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Я.С. Жигалева, Н.А. Александров, И.А. Серегин  
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва  
zhigaleva@rgau-msxa.ru

We measured the pH of the soil, forest underlay and litter and made conclusions about the influence of processes occurring in the ecosystem on the formation of these indicators.

Исследования проводились на трансекте Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, длиной около 800 м, протяженностью с северо-востока на юго-запад. Пять ключевых участков (подошва прямого короткого слабопокатого склона северо-восточной экспозиции (ПСВ), средняя часть прямого короткого слабопокатого склона северо-восточной экспозиции (ССВ), водораздельная часть мореного холма (ВМХ), средняя часть пологого слабовогнутого склона повышенной длины юго-западной экспозиции (СЮЗ), подошва пологого слабовогнутого склона повышенной длины юго-западной экспозиции (ПЮЗ)) расположены на различных вариантах мезорельефа, имеют неоднородный древесно-растительный и напочвенный покров, отличающиеся почвенные характеристики в зависимости от структуры рельефа.

Нами были отобраны образцы почвы, подстилки и опада из центрального квадрата каждой точки в трёх повторностях.

Значения pH почвы варьируется от 3.75 до 4.09 и характеризуют почву ЛОД как сильно кислую. Наибольший pH почвы зафиксирован на точке ССВ, а наименьший на точке ВМХ. Однако данные значения остаются в пределах pH для дерново-подзолистых почв и свидетельствуют об отсутствии процессов защелачивания, столь характерных для городских почв. В данном случае почвы Лесной опытной дачи могут выступать в качестве контроля для оценки почв г. Москвы на предмет изменения pH, как почвы, сохранившие свою исходную специфику.

Наименьшая величина pH подстилки нами была зафиксирована на точке СЮЗ (5.53), наибольшая – на точке ВМХ (6.46), которая является водораздельной частью мореного холма. Наименьшей показатель pH в точке СЮЗ объясняется тем, что на данном участке основными древесными породами являются хвойные, представленные сосной и

елью. На точке ВМХ же преобладают широколиственные породы, в частности дубы.

Наименьший показатель рН опада был зафиксирован нами в точке ПСВ (5.72), наибольший – в точке ВМХ (6.0), что соответствует также наибольшему показателю рН подстилки на данном участке.

Мы не можем полностью соотнести данные показатели, так как они были измерены разными методами и показывают несколько различные величины, пусть и находящиеся в тесной взаимосвязи. Довольно значительное различие между показателями рН почвы и рН подстилки и опада даже с поправкой на различные методики, при отсутствии зависимости в распределении по мезорельефу может говорить о том, что значение рН почвы не столь сильно связано с влиянием растительности.

Работа рекомендована к.б.н., доц. каф. экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева М.В. Тихоновой.

УДК 631.43

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ПРОКАЛИВАНИИ В ПРОБАХ ИЗ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК: 500 ИЛИ 900 °С?

В.И. Журавлева

Санкт-Петербургский государственный университет  
zhuravlyova.vladislava@yandex.ru

Loss-on-ignition (LOI) at  $(525\pm 25)^\circ\text{C}$  and  $900^\circ\text{C}$  in samples of litter fall, green mosses and forest floor (subhorizons L, F, H) and pyrogenic layer АНрур of pine green-moss forests soils had no significant differences. So, optimal to determine the LOI at  $525\pm 25^\circ\text{C}$ .

При нагревании почвенных проб выше  $300^\circ\text{C}$  органические вещества сгорают и переходят в газовую фазу в виде  $\text{CO}_2$ . Сера, водород и азот выделяются в атмосферу в виде оксидов. После прокаливания остаётся зола – минеральная часть. Уменьшение массы пробы называется потерей при прокаливании (ППП), а зола характеризует зольность. Результаты выражают в % на сухую навеску (Аринушкина, 1970; Колесников, 2020). При  $500^\circ\text{C}$  горят преимущественно органические вещества, при более высоких температурах разлагаются карбонаты, галоиды, отдельные минералы, химически связанная вода. В связи с этим, содержание органических веществ, рассчитанное по ППП при  $900^\circ\text{C}$  и рекомендованное в руководстве по химическому

анализу (Аринушкина, 1970), может быть завышено (Здобин и др., 2015). По ГОСТ 23740-2016 (содержание органических веществ в органических, органоминеральных и минеральных, песчаных и глинистых, грунтах) и ГОСТ 11306-2013 (зольность торфа и продуктов его переработки) рекомендовано прокалывать при  $525 \pm 25$  °С. Иногда определение зольности растительных материалов рекомендуют вести при 500 °С (Жигунов и др., 1979) или 500–550 °С (Bojko, Kabala, 2014).

Лесная подстилка состоит из органических (от 15 % и выше) и минеральных компонентов. Содержание органических веществ уменьшается, а зольность увеличивается по стадиям трансформации опада: от верхнего слоя подстилки (слаборазложённого, L) к среднеразложённому (ферментативному, F) и нижнему (гумифицированному, H). Под лесной подстилкой может залежать маломощная прослойка АНруг (смесь древесных углей, минеральных частиц и детрита), это след лесных пожаров.

Цель работы – сравнить значения ППП при  $525 \pm 25$  °С и 900 °С в пробах лесных подстилок (по подгоризонтам L, F, H) и пирогенной прослойки АНруг почв сосновых зеленомошных лесов: подзолов (Толмачево) и подбуров (Петяярви).

Дополнительно были анализированы пробы опавшей хвои, зеленых мхов и их очеса соснового леса Толмачево. Отбор проб в поле проводился в 5-кратной повторности. Всего было отобрано 60 проб.

Достоверных различий по значениям ППП для изученных пар проб, прокаленных при 500 °С и 900 °С, не обнаружено. Для участка Толмачево средние значения ППП  $500 \pm 25$  °С, %  $\pm$ ст. откл. составили: хвоя  $97.4 \pm 0.3$ ; мох  $97.1 \pm 0.2$ ; очес мха  $96.9 \pm 0.3$ ; L  $95.8 \pm 1.2$ ; F  $84.6 \pm 0.5$ ; H  $62.4 \pm 0.1$ ; АНруг  $11.3 \pm 0.6$ . Для участка Петяярви: L  $95.8 \pm 3.2$ ; F  $91.6 \pm 15.4$ ; H  $49.4 \pm 20.5$ ; АНруг  $9.0 \pm 2.9$ . Увеличение ст. откл. по средним значениям ППП растительных и почвенных проб участка Петяярви говорит о большем рекреационном нарушении.

Вывод: определение ППП для изученных проб почв целесообразно проводить при  $525 \pm 25$  °С, при этом экономится время и энергия, необходимые для разогревания муфеля до 900 °С.

Работа финансирована по гранту РНФ 22-24-00690.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. М.А. Надпорожской.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОВСА  
В ПРОЦЕССЕ ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ  
В СЕРОГУМУСОВЫХ ПОЧВАХ ШПИЦБЕРГЕНА

Н.С. Иванова

Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, Апатиты  
ivanna.semyr@gmail.com

The results of the studying in the elemental composition change in oats plants during decomposition in the Umbrisol of Spitsbergen. Throughout observations it was shown, that plant residues most intensively lose alkali elements (Na, K), to a lesser extent Ca, Mg, P, S and accumulate Al, Fe, Si.

Эксперименты по разложению овса (*Avena sativa*), проводились сотрудниками лаборатории почвоведения ПАБСИ КНЦ РАН в окрестностях посёлка Баренцбург в период с 2012–2015 гг. Растительные остатки, помещённые в капроновые мешочки, закладывались в нижнюю часть верхнего органогенного горизонта О почв на площадках, расположенных на склоне горного хребта Грэнфьордна высоте 9, 109 и 290 м н.у.м. Образцы извлекали через 1, 2 и 3 года экспозиции в почве. В исходном и экспонированных образцах определяли основные зольные элементы: Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, P, Mn и Na.

В ходе разложения зольный состав растительного материала претерпевает существенные изменения. Высвобождение и вынос элементов из разлагающегося опада зависит от формы его нахождения в растениях. Значительное влияние на изменения химического состава растительных остатков в процессе их трансформации в почвах Шпицбергена оказывает минеральная примесь эолового и склонового происхождения.

Калий (K) и Na находятся в клетке, в основном, в ионной форме. Они легко вымываются из растительных остатков атмосферными осадками. Уже после первого года экспозиции образцов овса в почве потеря K и Na составила 96–97 % от их исходного содержания в образце.

Доля других макро- и микроэлементов (P, Ca, Mg, S) в ионной форме в растительной клетке невелика. Поэтому их высвобождение происходит менее интенсивно и, в значительной степени, зависит от скорости разложения веществ, в состав которых они входят. За первый год экспозиции растительные остатки овса теряют 40–50 % Ca и 62–72 % Mg от их исходного содержания в образце. Потери Ca к концу третьего года экспозиции, когда вес образцов уменьшился в 2 раза, достигли 76–87 %, Mg – 75–85 %. С близкой интенсивностью происходили

потери S и P: к концу 3-его года экспозиции потери S составили 76–87 %, P – 79–83 %.

Обогащение растительных остатков минеральными частицами значительно маскируют поведение Si, Al, Fe в процессе трансформации растительных остатков. Если для первого года была характерна потеря Si (от 30 до 60 %) и Al (от 8 до 60 %), то по мере накопления минеральной примеси, содержание Si и Al, наоборот, увеличилось. Содержание Fe в растительных остатках увеличилось на всех площадках и во все сроки отбора более значительно, превысив исходное его содержание на некоторых площадках в 2500 раз.

В целом можно отметить, что в процессе разложения растений овса в серогумусовых почвах Шпицбергена, они наиболее значительно обедняются щелочными элементами K и Na, в меньшей степени обедняются щелочноземельными элементами – Ca, Mg и важными биофильными P и S и значительно обогащаются Si, Al, Fe.

Работа рекомендована д.б.н. Г.М. Кашулиной.

УДК 574:630\*161.581.5

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАРБОНОВЫХ  
ПОТОКОВ НА ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧЕ РГАУ-МСХА  
ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Е.М. Илюшкова, М.Т. Спыну, А.В. Бузылёв  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва  
li060698@yandex.ru

The monitoring of carbonic flows was carried out on various variants of the mesorelief of the transect of the LOD of the Russian State Agrarian University of Agriculture named after K.A. Timiryazev. In the course of the study, the dependence of the studied indicator ( $\text{CO}_2$ ) on the main factor – soil temperature ( $R = 0.69$ ) was revealed.

Актуальность. В настоящее время на окружающую среду оказывается значительное антропогенное воздействие, которое может привести к всемирной экологической катастрофе. Глобальное изменение климата связано с увеличением парниковых газов: углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), оксида азота (I) ( $\text{N}_2\text{O}$ ) и метана ( $\text{CH}_4$ ). Смягчить последствия антропогенного изменения климата невозможно без участия лесных экосистем, регулирующих парниковые газы.

Объект исследования. Исследования проводились на фоновой территории для города Москвы, на пяти представительных участках Лесной опытной дачи. Ключевые участки расположены по трансекте с северо-востока на юго-запад и различаются вариантами мезорельефа, древесной и напочвенной растительностью, а также различным уровнем антропогенной нагрузки.

Результаты исследования. За период исследований удалось определить максимальное, минимальное и среднее значения абиотических факторов, влияющих на эмиссию потоков. В ходе наблюдений отмечается варьирование значений температуры почвы в интервале от 1.3 до 20.3 °С. Минимальное значение отмечается на ключевом участке № 2 (ССВ) – 1.3 °С (январь 2020 года). Максимальное значение показателя составляет 20.3 °С – ключевой участок № 4 (СЮЗ) в июле 2021 года. Среднее значение температуры почвы за период наблюдений – 11.3 °С. Полученные результаты варьируют в зависимости от рельефа и отличаются от средних многолетних значений.

За тот же временной период проводились наблюдения за почвенной эмиссией CO<sub>2</sub>. Выявлено варьирование значений в интервале 1.055–24.301 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> день. Средние значения потоков почвенной эмиссии CO<sub>2</sub> по трансекте наблюдались 4.83 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> день.

Максимальное значение выявлено на ключевом участке № 4 (СЮЗ) – 24.3 мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> день (сентябрь 2019 года), при температуре почвы 14.6 °С, где доминирующей породой является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Минимальное – 1.055 поток мг CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> день в августе 2021 года на ключевом участке № 2 (ССВ) (доминирующая порода – липа сердцелистная (*Tilia cordata*) при температуре почвы 9.5 °С.

В ходе корреляционного анализа удалось определиться, что основным фактором, влияющим на почвенную эмиссию CO<sub>2</sub>, является температура почвы (R=0.69).

Работа рекомендована к.б.н., доц. каф. экологии М.В. Тихоновой.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЧВ  
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»

А.И. Куликова, П.Д. Чеченков

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
pavelchechenkov@gmail.com

The interaction of landscape components forms the variegated soil cover of the national park. The large scale of research makes it possible to study soil areas in all their diversity.

Национальный парк (НП) «Смоленское Поозерье» расположен в северо-западной части Смоленской области. Информация о почвенном покрове НП необходима, как для инвентаризации и охраны почв, так и для понимания структурно-функциональной организации ландшафтов [2]. Цель работы – картографирование и анализ пространственной дифференциации компонентов почвенного покрова НП «Смоленское Поозерье».

Границы исследуемого участка охватывают территории в районе озера Баклановское, общая площадь – 8.76 км<sup>2</sup>. Диагностика почв проводилась согласно классификации 2004/2008 гг. [3]. Объектом являлся тип почв и их гранулометрический состав.

Основной информацией для выбора мест заложения разрезов и для последующей обработки полевых данных, служили цифровая модель рельефа с пространственным разрешением 10×10 м, векторизованная лесотаксационная карта Смоленского Поозерья [1] и спутниковые снимки «Sentinel-2» для оценки антропогенного влияния. При определении границ почвенных ареалов использовался сравнительно-географический метод. Границы проводились на авторской крупномасштабной карте.

Территория имеет сложный и разнообразный почвенный покров. Всего было выделено 13 типов почв на основе 88 разрезов. Выделенные типы почв являются результатом взаимодействия основных факторов почвообразования: рельефа, подстилающих пород, растительных ассоциаций. Картирование агропочв (4.8 % от площади участка) проводилось на основе оцифровки полигонов пашни со спутникового снимка, границы которых уточнялись в ходе полевых наблюдений. Наибольшее распространение на исследуемом участке получили серогумусовые (33.7 % от площади участка), дерново-подзолистые (16.3 %) и дерново-подбуры (13.9 %). Реже встречаются перегнойно-торфяные (8.6 %), пе-



регноино-глеевые (7.5 %), агропочвы (4.8 %). Вместе с тем, согласно картам среднего и мелкого масштаба [4, 5], доминирующими на территории являются дерново-подзолистые почвы. Таким образом, благодаря крупному масштабу исследований получилось уточнить существующие представления о почвенном покрове территории и отметить типы почв, формирующиеся на маленькой площади – в том числе, антропогенно-преобразованные.

#### Литература

1. *Карта лесоустройства*, 2013, 2014 ФГБУ Национальный парк «Смоленское Поозерье» Смоленской области. Авторы: Центр лесоустройства. Смоленск: Филиал ФГБУ «РОСЛЕСИНФОРГ» «ЗАПЛЕСПРОЕКТ», 2015

2. *Национальный парк «Смоленское Поозерье»*: [сайт]. – 1992–2021 гг. – URL: <http://www.poozerie.ru/>

3. *Полевой определитель почв*. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008 г. – 182 с.

4. *Почвенная карта РСФСР*, М. 1:2 500 000 – М.: ГОСАГРОПРОМ РСФСР, 1972

5. *Почвенная карты* [карты]: атлас Смоленской области. – 1:1 500 000, в 1 см 15 км. – М.: главное управление геодезии и картографии государственного геологического комитета СССР, 1964 г. – 42 с.

Работа рекомендована к.г.н., доц. М.А. Смирновой.

УДК 631.40

КУЛЬТУРНЫЕ ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ УНИКАЛЬНЫХ ПОЧВ  
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЩЕЛЕЙКИНСКОЕ»)

Ю.Р. Моргач

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт  
им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, [tima204@yandex.ru](mailto:tima204@yandex.ru)

The cultural ecosystem services of unique soils had presented in the work. It is shown how anthropogenic impact can lead to loss not only of soils, but also of the entire ecosystem.

В Ленинградской области на западном берегу Онежского озера выделены уникальные почвы – буроземы оподзоленные [1]. Эти почвы имеют небольшой ареал распространения и приурочены к выходам габбро-диабазов, встречающихся исключительно в местах Шокшинской гряды (тектоническая куэсты протяженностью 1.4 км).

Почвы выполняют важнейшие экосистемные услуги [2]. Одна из категорий – это культурные услуги (нематериальные выгоды), представлены рекреацией и экотуризмом.

Объектом экотуризма на востоке области является геологический памятник природы «Щелейки», основанный в 1976 г. В границах ООПТ охраняются как выходы габбро-норитов, так и весь ландшафт.

В непосредственной близости от охраняемой территории находится месторождение «Щелейкинское», где до 1941 г., а затем с 2000-ых годов открытым способом добывают габбро и диабаз.

Согласно космоснимкам Landsat территория карьера с 1984 г. по настоящее время увеличилась на 18 га (рис. 1).

Горнодобывающее производство является мощнейшим фактором преобразования рельефа. Так естественное возвышение высотой около 50 м было трансформировано в техногенный рельеф и сейчас представляет собой выположенную территорию с отвалами высотой до 30 м.

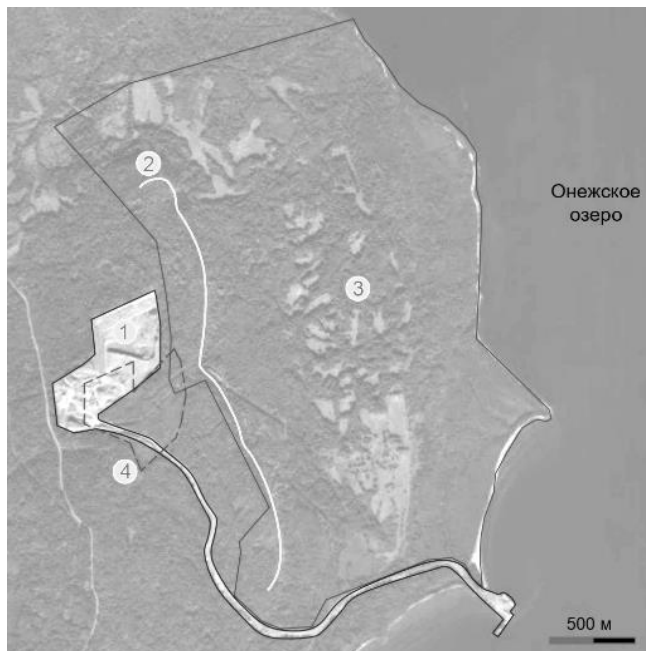


Рисунок 1. Карта местоположения. 1 – современная граница карьера и подъездной дороги; 2 – уступ габбро-диабазов; 3 – памятник природы Щелейки; 4 – граница карьера в 1984 г.

Карьерная добыча полезных ископаемых также приводит к серьезным нарушениям растительности и почвы. Ввиду того, что карьер действующий, большая часть территории представлена непочвенным образованием. Для формирования слаборазвитых почв на отвалах необходимо достаточное время, отсутствие поступления материала на поверхность или проведенная биологическая рекультивация.

При визуальном обследовании прилегающей территории к карьеру на поверхности почвы не было отмечено стратификации пылью, что характерно для карьеров по добыче изверженных пород (граниты).

Сохранение культурных экосистемных услуг возможно только в границах памятника природы. Прогрессирующее увеличение отвода по добыче габбро-норитов является сильнейшей угрозой, приводящей к полному исчезновению не только уникальных почв, но и всей экосистемы в целом.

#### Литература

1. *Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю.* Красная книга почв Ленинградской области. 2007. 320 с.

2. *Кушинов И.Д., Абакумов Е.В., Темботов Р.Х.* Рекреационные экосистемные услуги высокогорных районов центрального Кавказа в теплый период года на примере Хуламо-Безенгийского ущелья, Кабардино-Балкарская Республика., Матер. X междунар. научно-практ. конф. СПб, 2021. С. 118–123.

Работа рекомендована д.г.н., доц. Е.Ю. Сухачевой.

УДК 634.905.2

### СПЕЦИФИКА УЧЕТА ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Б. Мухиев<sup>1</sup>, Е.О. Трунова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, muhiyev@bk.ru

<sup>2</sup>Schmidt & Olofson, Marine

Soils of pine forests in the Leningrad region are being studied. It was found that in the sublayer (1–3 cm) underlying the forest litter and containing charcoal, the carbon stock is 0.3–2.1 kg/m<sup>2</sup>. This uncalculated pool of stable carbon in pine forest soils needs to be studied in more detail.

В связи выполнением условий международного Парижского соглашения работы по изучению динамики органического вещества в почвах активизированы (Приказ Минобрнауки РФ № 74 от 05.02.2021). Уточняются направления и методы проведения национального монито-

ринга запасов углерода (С) в почвах России (Когут и др., 2021; Поляков, Абакумов, 2021; Щепашенко и др., 2021). Несмотря на значительный задел в этом научном направлении, многие важные аспекты остаются еще не изученными. Ключевое значение в депонировании углерода имеют лесные экосистемы. Величина аккумуляции С в почве зависит от гранулометрического и валового состава почвообразующих пород, давности и частоты лесных пожаров, а также вида и интенсивности хозяйственной деятельности человека. Постагрогенные и постпирогенные почвы отличаются повышенными запасами С в минеральных горизонтах, послерубочные сосняки черничные и брусничные имеют повышенные запасы лесных подстилок (Кузнецова и др., 2020). В квазистационарное (когда процессы минерализации и гумусообразования уравновешены) состояние лесные почвы входят через 20–50–100 лет после нарушений. Принято целесообразным оценивать запасы С в биологически активной части профиля почв, а именно в подстилках и минеральных горизонтах до глубины 20–30 см (Алексеев, Бердси, 1994; Чернова и др., 2021). Запасы С в почвах доминирующих типов лесов северо-востока европейской части России на глубинах 0–30, 0–50 и 0–100 см значительно варьируют, минимальные и максимальные значения различаются в 4–13 раз. Например, в подзолах запасы С, средние: в подстилках 1.17 (от 0.18 до 2.54) кг/м<sup>2</sup> и в верхних 30 см минерального профиля 2.28 (от 0.8 до 6.66 кг/м<sup>2</sup>). Запасы С подстилок составляют 24–35 % от запасов в 1 м толще почвы (Osipov et al., 2021). Средние по запасам С в почвах сосновых лесов Карелии, Карельского перешейка и Брянского полесья: подстилки 2.5 кг/м<sup>2</sup> и минеральные 0–50 см 2.3 кг/м<sup>2</sup>. Запасы С в лесных почвах Ленинградской области: а) в подстилке 1.8 кг/м<sup>2</sup>; в минеральных 0–20 см 3.2 кг/м<sup>2</sup>, 0–50 см 5.1 кг/м<sup>2</sup> (Шугалей и др., 1994); б) в подстилке 1.0–1.8, в минеральных 0–30 см – 2.3–6.9 кг/м<sup>2</sup> (Лукиянов и др., 2007). Несмотря на отмеченное варьирование запасов С в почвах, порядок оценок одинаков. В то же время следует отметить, что есть еще неучтенные депо почвенного С. Это соединения пирогенного углерода (Дымов и др., 2021). В частности в пилотных работах установлено, что при запасах С в подстилках подзолов и подбуров сосняков зеленомошно-кустарничковых Ленинградской области 1.2–3.2 кг/м<sup>2</sup> и в минеральных 0–20(30) см 1.5–4.4 кг/м<sup>2</sup>, в подподстилочной (1–3 см) пирогенной прослойке, содержащей древесные угли, запас С составляет 0.3–2.1 кг/м<sup>2</sup>. Этот неучтенный запас пирогенного С нуждается в изучении.

Работа финансирована по гранту РНФ 22-24-00690.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. М.А. Надпорожской.

КОЛИЧЕСТВО ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ  
И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ  
ПОД РАЗНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Е.А. Новиков

Казанский федеральный университет, e.n.a.1995@mail.ru

An assessment of the abundance of *Oribatida* in luvisols and albeluvisols was carried out. A small relationship between the type of vegetation and the abundance of *Oribatida* was founded.

Панцирные клещи (*Oribatida*) широко распространены в верхних слоях почвенного профиля и могут составлять до 90 % от числа всех клещей. Орибатида активно участвуют в процессе переработки органического материала почв и поэтому их вклад в почвообразование очень важен.

В ходе работы было отобрано 10 проб в июне-июле 2021 года. Для извлечения клещей был использован эклектор, собранный на основе конструкции воронки Тульгрена. Все пробы экстрагировались на протяжении 6–11 часов (в зависимости от влажности почвы) в лабораторных условиях. Оценивалась численность панцирных клещей к общей численности почвенных клещей. Сравнивалась численность клещей в почвах под разной растительностью.

Общая численность почвенных клещей в отобранных пробах в среднем составляла 71 особь. Численность клещей в дерново-подзолистых почвах превышала численность клещей в серых лесных почвах. Согласно наблюдениям, в целом с увеличением общего числа представителей почвенной мезофауны обилие клещей уменьшалось. Численность почвенных клещей была обратно пропорциональна численности коллембол и протур. Во всех изученных пробах были обнаружены панцирные клещи. Независимо от экологических условий они представляли существенную часть почвенной мезофауны. Серьезных отличий в соотношении орибатид к общему числу клещей в разных типах почв обнаружено не было. Однако обнаружена зависимость численности панцирных клещей от типа растительности. Наименьшая их численность выявлена в березняках.

Выражаю благодарность к.г.н., доц. О.В. Никитину за консультацию при выполнении работы.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Р.В. Окуневым.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ПО  
БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ОСТРОВА ВАЛААМ

К.М. Перевышина

Российский государственный гидрометеорологический университет,  
Санкт-Петербург, perevechina2505@gmail.com

This paper presents a comparative assessment of the biological activity of different soil types on Valaam Island. Six soil parameters were used as assessment criteria. As a result of the work, the relationship of the studied parameters with each other and with pollution will be established.

Параметры биологической активности многими исследователями считаются наиболее чувствительными индикаторами загрязнения и деградации почв. Для оценки биологической активности используются, такие показатели как: биомасса и численность почвенных микроорганизмов, их продуктивность, ферментативная активность и др.

Объект исследования – почвы различного режима природопользования на о. Валаам. Были отобраны образцы из верхних гумусово-аккумулятивных почвенных горизонтов на полигоне твердых коммунальных отходов, в лесных экосистемах, на лугах, а также почвы теплиц. В работе анализировались следующие параметры: 1) эмиссия углекислого газа; 2) целлюлозоразрушающая способность; 3) активность уреазы; 4) активность каталазы; 5) pH; 6) содержание органического вещества.

Для изучения распределения значений параметров биологической активности был проведен кластерный анализ по методу Уорда. Значения параметров интенсивности почвенного дыхания, активности уреазы и целлюлозолитической способности были подразделены на 4 категории (класса). Для активности каталазы выделены 3 класса.

Полученные значения почвенного дыхания по всем участкам варьируют от 3.3 до 20.6 мг CO<sub>2</sub>/10 г почвы. Максимальные значения интенсивности почвенного дыхания зафиксированы в торфяных лесных почвах участков с низким уровнем антропогенного воздействия. Минимальное значение данного показателя соответствует одному из участков полигона твердых коммунальных отходов.

Значения оценок целлюлозолитической активности находятся в границах от 0 % (процент разложения аппликационного материала) до 70 %. Для данного параметра сложно определить закономерность из-

менчивости. Максимумы и минимумы отмечаются, как на антропогенно нарушенных участках, так и на участках с низким уровнем нагрузки.

Активность уреазы варьирует от 0 до 21.2 мг NH<sub>3</sub>/г почвы. Наибольший показатель активности данного фермента отмечается на лугу и на одном из участков леса. Минимальная уреазная активность зафиксирована на полигоне твердых коммунальных отходов.

Каталазная активность имеет небольшую изменчивость (от 0.09 до 0.39 мл 0.1 н. KMnO<sub>4</sub> на 1 г почвы за 20 мин). Наименьшие значения соответствуют участкам полигона.

Работа рекомендована ст. преп. Л.Е. Дмитричевой.

УДК 631.48

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ И КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ  
АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ БАССЕЙНА ОЗ. СЕВАН  
(РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ)

А.А. Петросян, А. Потапова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино

Alisa\_Mayakovskaya@bk.ru, Anastassia4272@gmail.com

The dynamics of the content of organic carbon, mineral phosphorus, and microbial biomass in the soils of the Artanish natural park and the cultural layers of the Sotk-2 settlement (Republic of Armenia) was estimated. The content of organic carbon, mineral phosphorus, and microbial biomass consistently decreased with depth, while in soils of the Sotk-2 settlement, local increases in all parameters were revealed at a depth of 40–110 cm.

Были исследованы два объекта на территории республики Армения на археологическом памятнике Сотк-2 эпохи бронзы (село Сотк Гехаркуникской области) и в природном парке Артаниш на п-ов Артаниш (бассейн озера Севан). На памятнике Сотк-2 исследованы три разреза культурного слоя (50–110 см), в природном парке Артаниш заложен почвенный разрез у подножья горы Артаниш и прикопки на ее северном и южном склонах. Были выполнены определения содержания органического углерода и минерального фосфора; оценена микробная биомасса по содержанию почвенных фосфолипидов с пересчетом полученных величин в единицы микробного углерода, и рассчитаны величины Смик/Сорг.

Содержание органического углерода в природном памятнике Артаниш последовательно снижалось от 4.4 до 1.4 %, а на поселении Сотк-2 от 6–7 % до 1 %. На глубине 40–80 см культурного слоя были отмечены локальные увеличения Сорг на 42–44 %. Практически на тех же глубинах были отмечены локальные пики и в содержании минерального фосфора. Содержание микробной биомассы в природном парке Артаниш достигало 2270 мкг С/г и последовательно снижалось с глубиной до 360 мкг С/г. На поселении Сотк-2 максимальные значения микробной биомассы были выявлены в разрезах 2–3, где культурный слой залегал с поверхности, а в разрезе 1 было значительно меньше, что объясняется насыпью до 40 см. Ниже по профилю значение данного показателя увеличивалось в 2–2.5 раз относительно современного горизонта. Доля микробного углерода в органическом (Смик/Сорг) варьировала от 2.1 до 5.1 % на Артанише, и от 1.7 до 10 % на поселении Сотк-2, причем максимальные значения этого параметра зафиксированы на глубинах 50–100 см.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 20-59-05001.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. лаборатории археологического почвоведения ИФХиБПП РАН Т.Э. Хомутовой.

УДК 631.40

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ БЕЗМОРОЗНОГО ПЕРИОДА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

Н.С. Родин<sup>1</sup>, В.Н. Пинской<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тулский государственный университет, nikolaj.rodin.01@bk.ru

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
ФИЦ ПНЦБИ РАН

The duration of the frost-free period caused by climate warming leads to a number of changes in the chemical and microbiological properties of soils. Using the example of our study, it was found that the microbial biomass determined by the respiratory response to the introduction of glucose (C-SID) and the rate of basal respiration (V-BAZ) of the soil microbial community depends on the duration of the soil's stay in the unfrozen state: the longer the frost-free period, the lower the values of C-SID and V-BAZ.

В вегетационном опыте было изучено влияние длительности промерзания почв в зимний период на микробиологические свойства. В качестве объектов исследования были выбраны агрокаштановые почвы (Ростовская область), и агрочернозёмы (Воронежская область).



Первый вариант опыта – почвы инкубировали при отрицательных температурах на протяжении 160 дней. Второй вариант опыта – почвы инкубировали при отрицательных температурах 56 дней, после чего инкубировали до весны при температуре +6...+8 °С. Третий вариант опыта на протяжении 160 дней инкубировали при температуре +6...+8 °С.

Отбор почвенных образцов на анализы осуществлялся после зимнего инкубирования. В образцах определяли: скорость базального дыхания (V-БАЗ), содержание активной микробной биомассы по скорости субстрат индуцированного дыхания (С-СИД), коэффициент устойчивости микробных сообществ (Q<sub>г</sub>) и активность фермента уреазы.

Установлено, что длительность промерзания существенным образом отразилась на увеличении активной микробной биомассы, как в агрокаштановой почве, так и в агрочерноземе. Для почв, инкубированных при плюсовых температурах и почв, с малым периодом промерзания (56 дней) содержание микробной биомассы было схоже с фоновой почвой (агрокаштановая – 110 мкг С/г; агрочернозем – 210 мкг С/г).

Во второй год опыта наибольшие значения С-СИД, как в агрокаштановой почве (190 мкг С/г), так и в агрочерноземе (275 мкг С/г), были в варианте с максимальной длительностью периода отрицательных температур (160 дней). С уменьшением дней промерзания почвы значения С-СИД снижались. Возможной причиной этого является отмирание части микробного сообщества и формирование пула доступно углерода для оставшейся части микробного сообщества почв.

Коэффициент дыхательной активности Q<sub>г</sub> дает представление об устойчивости микробных сообществ почв; нарушение устойчивости сопряжено с увеличением этого коэффициента. Установлено, что агрокаштановые почвы с периодом заморозки 160 дней характеризовались минимальными значениями Q<sub>г</sub>, что говорит об устойчивом состоянии микробного сообщества. В почвах без замораживания этот показатель был выше.

Уреазная активность в варианте с максимальной длительностью периода промерзания, как в агрокаштановой почве, так и в агрочерноземе, была незначительно выше в сравнении с почвами, пребывавшими в замороженном состоянии 56 дней, а также с почвами, инкубированными на протяжении зимнего периода при плюсовых температурах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 19-29-05178.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с., зав. лаб. А.В. Борисовым.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ В ПОЧВЕ  
ЗА БЛАГОПРИЯТНЫЙ ПЕРИОД

Р.Р. Рахимов

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН  
raximoff.ruslan2010@yandex.ru

The data on the distribution of productive moisture in the soil for a favorable period at a depth of 20 centimeters are considered, the periods of the highest and the lowest actual moisture content are identified, and the reasons for the formation of the studied degrees of moisture are considered.

Продуктивная влага – фактическое количество воды (в мм водного столба, либо в м<sup>3</sup>/га) в почвенных горизонтах, отвечающее за синтез органических веществ при росте растений и формировании урожая.

Распределение продуктивной почвенной влаги за благоприятный период года было изучено на примере метеорологической станции Фёдоровка, находящейся на территории Республики Башкортостан. Кроме стандартного перечня наблюдений, здесь ведётся регистрация агрономических характеристик почвы, в том числе её фактическая влага.

Объект изучения находится в степной зоне Предуралья. Рассматриваемый разрез расположен на чернозёмах выщелоченных глинистых. Значения продуктивной влаги почвы регистрировались в 20-ти сантиметровом поверхностном слое, так как именно здесь происходят наиболее значимые для растительности физико-химические процессы.

Согласно построенному графику (рис.), наименьшие значения (до 1 мм) продуктивной влаги в рассматриваемом почвенном покрове наблюдаются в период со второй декады июля по первую декаду августа. Примечательно, что именно в этот отрезок времени на изучаемой территории регистрируются максимальные значения температуры воздуха.

Наибольшее количество влаги в почве регистрируется в третьей декаде апреля. Связано это с процессом снеготаяния, который инфильтруясь, обогащает почву талой водой. Кроме того, аналогичные значения (40, 50 мм и более) имеют место быть во второй и третьей декадах октября. Причиной тому являются дожди, характерные для территории Республики Башкортостан в осенний период.

Таким образом, наблюдается непосредственная связь между климатическими и метеорологическими факторами, влияющими на формирование тех или иных значений продуктивной влаги почвенного покрова.

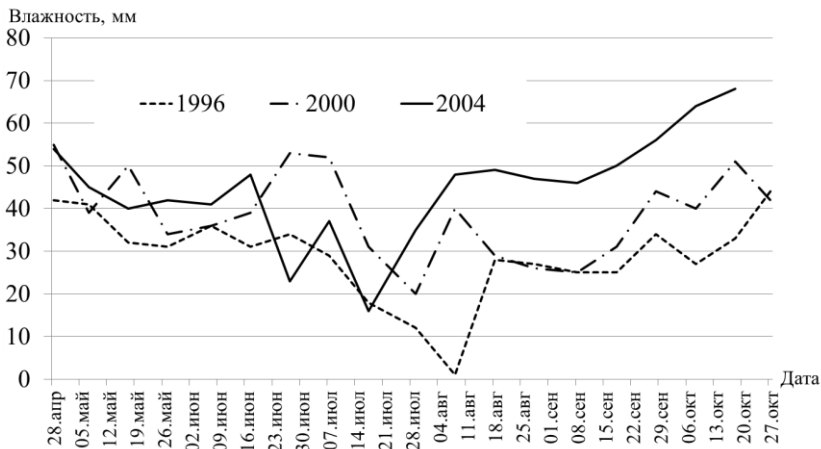


Рисунок. График характерных значений продуктивной почвенной влаги метеорологической станции Фёдоровка.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Р.Р. Сулеймановым.

УДК 11; 631.4

## ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ РЕК

С.С. Рязанов, А.В. Игнашева, А.Г. Шайхутдинов

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ (обособленное подразделение ГНБУ «Академия наук Республики Татарстан»), Казань  
RStanislav.soil@gmail.com

The assessment of the coastal territories of 4 small rivers of the Predvolzhye of the Republic of Tatarstan by the state of their susceptibility to erosion processes has been carried out. In the coastal zone (500 m), on the basis of a slope map and a forest map, 4277 hectares have been allocated, requiring reclamation measures.

Интенсивное ведение сельского хозяйства, большая распаханность и малая лесистость, высокая расчлененность рельефа способствуют развитию эрозионных процессов. Создание защитных лесных насаждений – один из эффективных способов повышения устойчивости прибрежных территорий.

Объектом исследования являлись прибрежные территории 4-х малых рек, притоков Свияги, расположенных на территории Предволжья Республики Татарстан: Бирля ( $l = 58.4$  км), Кубня ( $l = 121.5$  км), Сухая Улема ( $l = 50.3$  км) и Улема ( $l = 75.4$  км). Определение эрозионно-опасных территорий проведено согласно алгоритму: (1) построение карты крутизны склонов на территорию обследования; (2) построение карты древесной растительности в прибрежной зоне рек; (3) выделение эрозионно-опасных территорий в пределах буферной 500 м зоны; как эрозионно-опасные принимались территории, расположенные на склонах с крутизной  $>3^\circ$  и не занятые древесной растительностью. Примеры карты уклонов и выделенных зон представлены на рис.

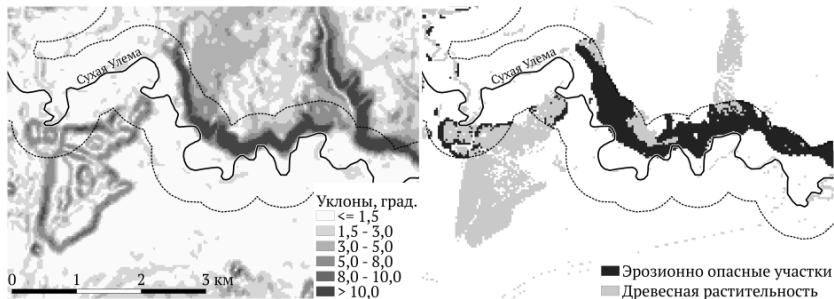


Рисунок. Карта уклонов, древесной растительности и эрозионно-опасных участков, фрагмент.

Результаты представлены в табл. Суммарная площадь прибрежной территории четырех рек составила 25221 га, из которых 4277 га выделены как подверженные эрозии склоны, требующие проведения лесопосадочных мелиоративных мероприятий.

Таблица 1. Оценка эрозионно-опасных территорий.

Название	Площадь зоны, га	Залесенная площадь, га	Площадь территорий с уклоном $>3^\circ$ , га	Площадь эрозионно-опасных участков, га
Бирля	4892.8	309.5	1157.1	1086.2
Кубня	9100.0	1058.0	1479.5	1028.8
Сухая Улема	4514.6	419.7	1373.7	1182.8
Улема	6714.0	331.7	1042.3	979.8

Работа рекомендована д.б.н. А.Т. Сабировым.

ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ НА ОСНОВЕ  
ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ КОРОТКОВРЕМЕННОГО ХРОНОРЯДА,  
ПОГРЕБЕННЫХ ПОД РАЗНОВРЕМЕННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ  
В БОЛЬШОМ БОЛДЫРЕВСКОМ КУРГАНЕ

А.Э. Сверчкова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
РАН, Россия, acha3107@gmail.com

The chronosequence of paleosols buried under 4 structures of different ages within kurgan 1 at the Boldyrevo IV kurgan cemetery (Yamnaya culture (about 5500 years ago)) in the Orenburg region, Russia has been studied. According to archaeological data, the kurgan was built over several decades. The morphological and physicochemical properties of paleosols and kurgan structure materials indicate that the time period under consideration was more arid than today.

В 2019 году были изучены разновременные курганные конструкции и погребенные под ними палеопочвы. Объект исследования – курган 1 в курганном могильнике Болдырево IV в Оренбургской области. Курган сооружен представителями ямной культуры раннего бронзового века (около 5500 л.т.н.). В нем выявлено четыре земляных конструкции, сооруженные последовательно, под каждой из которых изучена погребенная почва. По археологическим данным курган был построен за несколько десятилетий, радиоуглеродное датирование показало интервал в 300 лет.

За время строительства кургана изменился морфологический облик и физико-химические свойства почв и материалов курганных конструкций, а именно: произошло снижение содержания органического вещества, а содержание карбонатов, гипса, обменного натрия в составе обменных оснований и величина магнитной восприимчивости увеличились. Исследования позволяют предположить, что рассматриваемый интервал, как и весь предшествующий ранний (репинский) этап ямной культуры, характеризовался как более аридный по сравнению с современностью.

На основе микроморфологического анализа и физико-химических свойств материалов курганных конструкций и погребенных почв можно предположить, что памятник сооружался из местных почв с использованием антропогенного материала. Технология строительства представляла из себя грубый замес и трамбовку супесчаного материала в сыром виде с добавлением речного ила, редких углей и костей. Для об-

мазки специально вырезанной площадки вокруг основного погребения использовался исключительно речной ил.

Ранее при исследовании коротковременных педохронорядов под одновременными конструкциями больших курганов раннего бронзового века в Ставропольском и Краснодарском крае также удалось сравнить и сопоставить свойства палеопочв и земляных конструкций на предмет использования местных почв при строительстве памятника и для проведения палеоклиматической реконструкции. Кроме этого, для всех трех изученных курганов проведено сопоставление технико-технологических приемов, использованных древними строителями для возведения монументальных сооружений земляной архитектуры.

Работа рекомендована д.г.н, в.н.с. О.С. Хохловой.

УДК 631.453

## РАДИОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧАЭС В ОТДАЛЁННЫЙ ПЕРИОД ВРЕМЕНИ ПОСЛЕ АВАРИИ

Д.А. Солодунова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
dasha1999.8.14@gmail.com

The study of cytotoxic effects of low doses of radiation is currently an urgent task for radioecologists. Radiotoxicity of soil samples taken in the near zone of the Chernobyl nuclear power plant in 1998 was evaluated using the *Allium* test. Mitotic activity of *A. cepa* root meristem cells was most suppressed not in the immediate vicinity of the emission source, but at some distance from it.

Понимание механизмов хронического облучения генетического аппарата клеток необходимо для решения проблем, связанных с глобальным загрязнением окружающей среды и эффективными способами его снижения. Особенности воздействия радиации на биоту обусловлены спектрами присутствующих в выпадениях радионуклидов. Целью исследования было оценить радиотоксичность образцов почвы, отобранных в ближней зоне ЧАЭС в 1998 году. В качестве контроля использовали образец почвы, предоставленный сотрудником почвенного института. Был произведён расчёт митотического индекса (МИ), достоверности различий в результатах на основании Критерия Стьюдента, рассчитаны фазные индексы, выявлены тренды в сопряжённых рядах «МИ-расстояние», «МИ-интенсивность  $\gamma$ -излучения», «МИ-интенсивность

β-излучения», произведён расчёт величин коэффициента Спирмена между тестовыми цитогенетическими характеристиками митоза в клетках корневой меристема *A. сера* и показателями радиометрии почвенных образцов из ближней зоны. Величины γ- и β-излучений были изменены нами ранее.

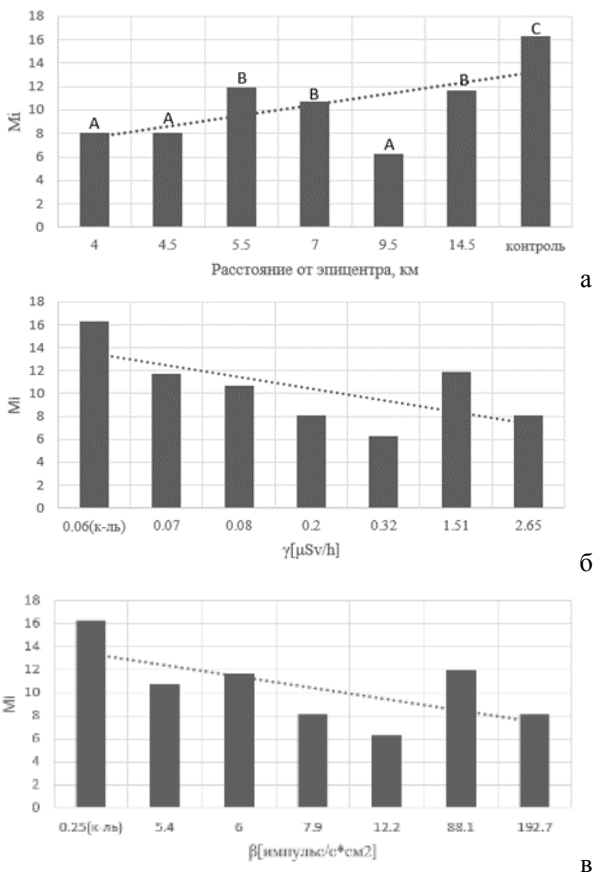


Рисунок 1. Зависимость величины MI от: а – расстояния, б – интенсивности γ-излучения, в – интенсивности β-излучения.

Варианты, в обозначении которых не присутствует одна и та же буква, значительно различаются. MI контроль достоверно отличен от остальных. Максимальный (искл. контроль) и минимальный MI соот-

ветствуют 5.5 и 9.5 км. Митотическая активность была наиболее угнетена не в непосредственной близости от источника выброса, а на некотором удалении от него. Тренд на увеличение МІ с расстоянием и уменьшением дозы  $\gamma$ -излучения оказался выраженнее тренда на увеличение МІ с уменьшением дозы  $\beta$ -излучения. Можно предположить, что это связано с особенностями энергетического спектра и используемым способом учёта интенсивности  $\beta$ -компоненты.

Статистический анализ взаимосвязей между характеристиками ионизирующих излучений от почв и цитогенетическими показателями митоза в облученных клетках не выявил статистически значимых зависимостей при объединении в единый корреляционный ряд всех исследованных образцов.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. В.В. Столбовой.

УДК 631.43

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКОЙ ВОДЫ В ПРОБАХ ИЗ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК: 70 ИЛИ 105 °С?

Е.П. Стадник

Ленинградский государственный университет

им. А.С. Пушкина, г. Санкт-Петербург

apisamik220@gmail.com

The temperature (70 or 150 °C) of hygroscopic water determination may be of importance for organic samples when recalculating the results of analyses to dry weight in laboratory experiments. This difference can be neglected when calculating the stocks of organic horizons of forest soils, because it overlaps the natural variability of forest litter.

В воздушно-сухих почвенных пробах вода, находится в равновесии с парообразной водой воздуха. Это гигроскопическая вода ( $H_2O_{\text{гипр.}}$ ), молекулы которой прочно удерживаются около поверхности почвенных частиц в пленке из 2–3 слоев. Диполи воды в слоях расположены строго ориентированно. Это определяет основные свойства прочносвязанной воды: повышенную плотность (1.5–1.8 г/см<sup>3</sup>), температуру замерзания – 4...–7 °С, утрату способности растворять соли (Практикум..., 2004). Величина  $H_2O_{\text{гипр.}}$  зависит от содержания органического вещества и глинистых частиц. Определение  $H_2O_{\text{гипр.}}$  для составления общей характеристики почв и для пересчета результатов анализа воздушно-сухой



почвы на сухую навеску ведут при нагревании проб до 105 °С (ГОСТ 5180-2015). При такой температуре почва теряет кроме  $H_2O_{\text{гипр}}$  адсорбированные газы ( $CO_2$ ,  $NH_3$  др.), гидратную воду в гипсосодержащих пробах. В заболоченных почвах показатель занижен за счет окисления закисных соединений (железа и др.) (Аринушкина, 1970). Определение  $H_2O_{\text{гипр}}$  в растительных образцах рекомендуют проводить при 70–80 °С (Жигунов и др., 1979) во избежание потерь ароматических соединений.

Профиль почв сосновых лесов (подзолов и подбуров) состоит из органических (лесных подстилок) и органо-минеральных и минеральных песчаных горизонтов. Содержание  $H_2O_{\text{гипр}}$  в песках невелико, поскольку мала свободная поверхность частиц. Образцы лесных подстилок сорбируют гораздо больше влаги из воздуха, а температура сушки больше влияет на результат.

Цель работы – сравнить значения  $H_2O_{\text{гипр}}$  проб зеленых мхов и их охеса, подгоризонтов L, F, H, подподстилочной пирогенной прослойки ( $АН_{\text{руг}}$ ) и проб минеральных горизонтов при 70 °С и 105 °С.

Пробы отобраны в Толмачево (2014) и Петяярви (2018) и хранились в лабораторных условиях.

Средние значения  $H_2O_{\text{гипр}}$ : 70 °С – 6.0–8.0 % и 150 °С – 5.1–7.0 % для растительных материалов и L, F, H, соответственно. При 70 °С в 1.4–1.5 раз выше, чем при 105 °С. Вне отопительного сезона  $H_2O_{\text{гипр}}$  при 70 °С повышается для органических проб в 1.5–1.6 раз. Пересчетные коэффициенты на сухую навеску для всех вариантов определения  $H_2O_{\text{гипр}}$  составляют 1.05–1.09. Для  $АН_{\text{руг}}$  и проб минеральных горизонтов  $H_2O_{\text{гипр}}$  – 0.7–1.0 %, для Eh и Vf – 0.2–0.3 % и для BC и C – 0.03–0.04 %, соответственно.

Температура определения  $H_2O_{\text{гипр}}$  может быть важна для органических проб при пересчете результатов анализов на сухую навеску при проведении точных лабораторных опытов. При расчете запасов органических горизонтов этой разницей можно пренебречь, поскольку ее перекрывает природная вариабельность лесных подстилок. Для проб органоминеральных и минеральных песчаных горизонтов подзолов и подбуров температура не значима вследствие их малых значений  $H_2O_{\text{гипр}}$ .

Работа финансирована по гранту РНФ 22-24-00690.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. М.А. Надпорожской.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБОСТРАТОЗЕМОВ  
ЖИЛЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ РАЙОНОВ г. ПЕРМИ

А.З. Фаткуллина

Пермский государственный национальный исследовательский  
университет, anfatckullina@yandex.ru

The urban soils formed during the self-overgrowing of grounds with ruderal vegetation provide better conditions for plant growth than the grounds on the basis of which they are formed and zonal soils.

Целью работы было изучение направленности почвообразовательных процессов в урбостратоземах техногенных жилых многоэтажных районов г. Перми и оценка их экологического состояния методом фитотестирования.

Основой для почвообразования в многоэтажных районах являются почвогрунты сформированные, как правило, из природных почв путем перемешивания естественных горизонтов с включением антропогенных компонентов.

Урбостратоземы [1] формируются при естественном зарастании поверхности почвогрунтов, преимущественно травянистой рудеральной растительностью, мощность гумусового горизонта – 7 см.

Поверхностные горизонты исследованных урбостратоземов имеют реакцию среды от слабокислой до слабощелочной (рН 6.3–8.6); они карбонатны (0.9–2.7 %  $\text{CO}_2$ ). В поверхностных горизонтах урбостратоземов величина рН ниже, чем в более глубоких слоях. Содержание органического углерода в верхних горизонтах варьирует от 2 до 3.5 %. Степень обеспеченности подвижными формами фосфора и калия высокая (в среднем 316.24 и 391.1 мг/кг соответственно).

Результаты исследований показали, что высота и масса растений на пробах из почвогрунта и зональной почвы оказались достоверно ниже, чем на пробах из вермикулита (для почвогрунта – 25 и 43 % соответственно, для зональной почвы – 13 и 27 % соответственно).

Высота и масса растений, выращенных на пробах из поверхностных слоев урбостратоземов, достоверно превышали высоту и массу растений, выращенных на пробах почвогрунтов (43 и 75 % соответственно) и зональной дерново-подзолистой почвы (24 и 39 % соответственно).

Все поверхностные горизонты урбостратоземов показали удовлетворительное экологическое состояние, согласно критериям оценки по патенту Еремченко-Митраковой [2].

Экологическое состояние почвогрунта и серогумусового горизонта зональной дерново-подзолистой почвы можно оценить как удовлетворительное, однако они обладают более низкими показателями плодородия для тест-культуры, чем вермикулит.

Таким образом, урбостратоземы обеспечивают лучшие условия для растительности, чем зональные почвы и почвогрунты, на основе которых они созданы.

#### Литература

1. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.

2. Еремченко О.З., Митракова Н.В. Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных почвогрунтов: пат. Рос. Федерации № 2620555. 2017.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.В. Москвиной.

УДК 631.4

### ДЫХАНИЕ ГОРОДСКИХ ПОЧВ С РАЗЛИЧНЫМИ ГУМУСИРОВАННЫМИ ГОРИЗОНТАМИ (НА ПРИМЕРЕ п. КОММУНАРКА, НОВАЯ МОСКВА)

Л.С. Фролова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
l.frolova2000@gmail.com

The study presents an analysis of the respiration of the upper horizons of urban soils due to various lawn vegetation. The dependence of microbial respiration and CO<sub>2</sub> emission from soils on the chemical, physical and biological properties of humified horizons was revealed. The influence of the type of lawn vegetation on microbial respiration and CO<sub>2</sub> emission was also established. The contribution of green parts of plants to the absorption of atmospheric CO<sub>2</sub> measured by the chamber method.

Целью данного исследования является анализ особенностей дыхания верхних горизонтов городских почв под различной газонной растительностью.

Задачи. 1) выявить зависимость микробного дыхания и эмиссии  $\text{CO}_2$  из почв от свойств гумусированных горизонтов; 2) установить влияние типа газонной растительности на микробное дыхание и эмиссию  $\text{CO}_2$  в атмосферу; 3) оценить вклад зеленых частей растений в поглощение атмосферного  $\text{CO}_2$ .

Оценка эмиссии парниковых газов проводилась статическим камерным методом, также были проанализированы физические свойства верхних горизонтов (плотность и влажность), химические свойства (рН, содержание органического вещества) и биологические (базальное дыхание, субстрат индуцированное дыхание, углерод микробной биомассы и др.).

В среднем наибольшая эмиссия наблюдается из торфокомпостных горизонтов с самым большим процентом органического вещества. В рамках нашего исследования было установлено, что содержание органического вещества в гумусированных горизонтах и эмиссия углекислого газа зависят друг от друга достоверно. Связь между рН и микробным дыханием не была выявлена.

Среди почв микрорайонов одного времени застройки микробиологическое образование  $\text{CO}_2$  наиболее активно идет в гумусовых слабо-развитых и серогумусовых горизонтах, а эмиссия в атмосферу – из рекультивационных горизонтов, при этом она возрастает от минеральных к торфокомпостным горизонтам.

Микробное дыхание и эмиссия  $\text{CO}_2$  в атмосферу выше всего из торфокомпостных горизонтов под злаковыми рулонными газонами, чем под разнотравными сеянными газонами.

Показатели эмиссии углекислого газа методом прозрачных камер ниже, чем в тёмных, поглощение углекислого газа методом прозрачных камер лучше всего проявляется на серогумусовых горизонтах под недавно скошенными газонами что напрямую связано с фотосинтетической активностью разных вегетационных периодов.

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. С.А. Кулачковой.

ИЗУЧЕНИЕ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ  
КОНСТРУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.Р. Шайхутдинова

Казанский федеральный университет, vikamay02@mail.ru

The study of changes in humus content and processes of differentiation of layers of soil structure in the school territory was carried out. There was a clear differentiation of the structure into two layers and an increase in the content of organic matter in the upper layer.

В настоящее время всё чаще для облагораживания городских территорий используются искусственные почвенные конструкции. В нашей работе мы рассматривали возможность наращивания плодородия искусственной почвенной конструкцией в условиях техник органического земледелия с одновременным декоративным её использованием.

Цель исследования – в рамках изучения развития искусственной почвенной конструкции, основу которой составила смесь гумусового и подзолистого горизонтов дерново-подзолистой почвы, отследить изменения гумусированности и процессов дифференцирования слоев почвенной конструкции.

Весной в 2017 году на пришкольной территории МБОУ «Гимназия № 152» г. Казани была сформирована искусственная почвенная конструкция – клумба-питомник, площадью около 6.3 м<sup>2</sup>. Для её создания использовалась антропогенная смесь гумусового и подзолистого горизонтов дерново-подзолистой почвы. Растения на данной конструкции выращивались в условиях техник органического земледелия. Почвенные пробы для исследования отбирались в сентябре 2020 года и в конце августа 2021 года. Отбор проводился по трём точкам, в слоях 1 (1–8 см) и 2 (до 9–15 см). Проводилось морфологическое описание отобранных слоёв, косвенно оценивалось увеличение содержания органического вещества по показателю отражения света в красном канале видимого спектра (R), который имеет устойчивую отрицательную корреляцию с содержанием органического вещества. Измерение проводилось с помощью ВИД-ИК спектрометра V2GO (Р-АЭРО, Россия).

Среднее значение отражения в слое 1 в 2020 и 2021 годах составило 0.084 и 0.073 ед. соответственно, а в слое 2 – 0.131 и 0.144 ед. соответственно (табл. 1). Таким образом, содержание органического ве-

щества в слое 1 оказалось выше, чем в слое 2. Наблюдается чёткая дифференциация слоёв.

Таблица 1. Сравнение показателя содержания органического вещества (в красном канале видимого спектра – по 630 нм).

Год отбора и слой почвенной конструкции		Среднее значение, ед.	Стандартное отклонение, ед.
2020 г.	Слой 1	0.087	0.004
	Слой 2	0.105	0.023
2021 г.	Слой 1	0.080	0.006
	Слой 2	0.150	0.017

Работа рекомендована уч. выс. кат., С.В. Гиниятуллиной; к.б.н., доц. Р.В. Окуновым.

УДК 631.4

## ПОЧВЕННОЕ КАРТИРОВАНИЕ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОСТРОВОВ ПОЛИСТОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.С. Юрин

Санкт-Петербургский государственный университет

st068280@student.spbu.ru

The soils of bog mineral islets in Polistovsky Nature Reserve were mapped. Classification of islets by soil processes was also made.

Полистовский заповедник расположен на востоке Псковской области. На его охраняемой территории находится часть Полистово-Ловатской болотной системы, в пределах которой встречаются внутриболотные минеральные острова – небольшие участки минерального грунта с суходольной растительностью. С течением времени они могут изменяться в размерах, сокращаться и даже исчезать [1].

На территории заповедника с 2017 года ежегодно проводятся экспедиции кафедры биогеографии и охраны природы СПбГУ, направленные на изучение растительности и почв внутриболотных островов. Результаты этих исследований ранее были обобщены в работе [2].

В новой работе мы предприняли попытку картографировать почвы внутриболотных островов, отразив почвенные процессы в легенде. Поскольку в масштабе обследованной площади острова слабо различимы в качестве отдельных площадных объектов, были использованы

точечные условные обозначения. Наборы почвенных процессов отражались в форме круговых диаграмм.

Исходя из набора ведущих почвенных процессов, которые отчетливо характеризуют стадию развития островов, были выделены следующие группы островов:

1. *Незаболоченные*. На них встречаются следующие типы почв: дерново-подбуры, подбуры, подзолистые, дерново-подзолистые, серогумусовые, дерново-буро-подзолистые [3]. Характерны процессы оподзоливания и альфегумусового иллювирования, требующие наличия промывного водного режима, а также процессы гумусообразования, протекающие в дерновом горизонте. Последние говорят о повышенной устойчивости острова, как экотопа, отличного от болотных массивов наличием покрова из дернообразующих травянистых растений.

2. *Заболачивающиеся*. Здесь распространены такие типы почв как подзолы глеевые и торфяно-подзолы глеевые. Изначально, почвы этих островов, вероятно, формировались в условиях промывного режима (выражено оподзоливание), но процессы оглеения и торфообразования отмечают, что увлажнение переходит в избыточное. Это говорит о постепенном поглощении острова болотом.

3. *Заболоченные*. Характерны глеезёмы и торфяно-глеезёмы. Для этих островов руководящими процессами являются торфообразование, оглеение, и об их «суходольном» прошлом говорит лишь наличие минеральных горизонтов, которые теперь находятся в условиях избыточного увлажнения. Острова активно поглощаются болотным массивом.

#### Литература

1. *Петрова Е.А., Галанина О.В., Вальцев Д.А.* Растительность минеральных островов северной части заповедника Полистовский // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета. Тверь: изд-во Твер. гос. ун-та, 2017. С. 307–308.

2. *Юрин А.С.* Почвы внутриболотных минеральных островов Полистовского заповедника // Материалы Международной научной конференции XXIV Докучаевские молодежные чтения «Почвоведение в цифровом обществе» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2021. – С. 106–107.

3. *Классификация и диагностика почв России* / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Рос. акад. с.-х. наук и др.; [Л.Л. Шишов и др. Отв. ред. акад. РАН, проф. Г.В. Добровольский. 2-е изд., доп. и испр.]. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

Работа рекомендована к.б.н., доц. О.В. Галаниной.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКОЙ  
СТРУКТУРЫ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПАСТБИЩНЫХ ПОЧВ  
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Юршенас

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
РАН – обособленное подразделение Федерального Исследовательского  
Центра «Пушинский Научный Центр Биологических Исследований  
Российской Академии Наук», [dasha\\_ometova@mail.ru](mailto:dasha_ometova@mail.ru)

*Ecologo trophic structure of microbial communities was estimated in grazing Kastanozems and Solonchetses of the Rostov region. High grazing induced the increase of the abundance of copiotrophic microorganisms to 1.5–5 times, with a stable number of oligotrophic microorganisms. The data obtained indicates no excessive load on studied grazing soils.*

Известно, что деградация пастбищных почв характеризуется существенными изменениями состава и численности микробных сообществ (Смирнова и др. 2020). Целью нашего исследования была сравнительная характеристика эколого-трофической структуры микробных сообществ пастбищных почв Ростовской области в окрестностях села Большое Ремонтное. В почвах с различной степенью пастбищной деградации проводился учет колоний копиотрофных микроорганизмов на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде ГПД (Якушев, 2015) и учет колоний олиготрофных микроорганизмов на почвенном агаре ПА (Демкина и др., 2004). На рисунке представлено соотношение численности этих трофических групп в каштановых почвах (I А) и солонцах (II А) на участке с умеренной интенсивностью выпаса скота, в 800 м. от овечьей фермы, и в аналогичных почвах (I Б, II Б) на участке с высокой интенсивностью выпаса, в 200 м. от фермы.

Во всех слоях каштановой почвы, расположенной в 200 м. от фермы, наблюдалось достоверное увеличение численности КОЕ копиотрофных микроорганизмов на ГПД, по сравнению с каштановой почвой в 800 м. от фермы. При этом заметное возрастание численности КОЕ олиготрофов было отмечено только на глубине 20–40 см. В солонцах рост пастбищной нагрузки также вызвал достоверное увеличение численности КОЕ на ГПД, что привело к выравниванию этого показателя в почвенном профиле. При этом численность КОЕ олиготрофных микроорганизмов практически не изменялась. Как в каштановых почвах, так и в солонцах, увеличение численности копиотрофной микрофлоры при



росте пастбищной нагрузки в большей части случаев происходило за счет бактериальных КОЕ. Численность КОЕ актиномицетов изменялась при этом незначительно, и их доля в суммарной численности существенно снижалась. Кроме того, в почвах с высокой интенсивностью выпаса, отмечалось уменьшение доли КОЕ актиномицетов и грибов на ПА. Здесь стабильные величины общей численности на ПА сохранялись за счет КОЕ олиготрофных бактерий, численность которых в ряде случаев также заметно увеличивалась, хотя и в меньшей степени, чем численность копиотрофных микроорганизмов на среде ГПД.

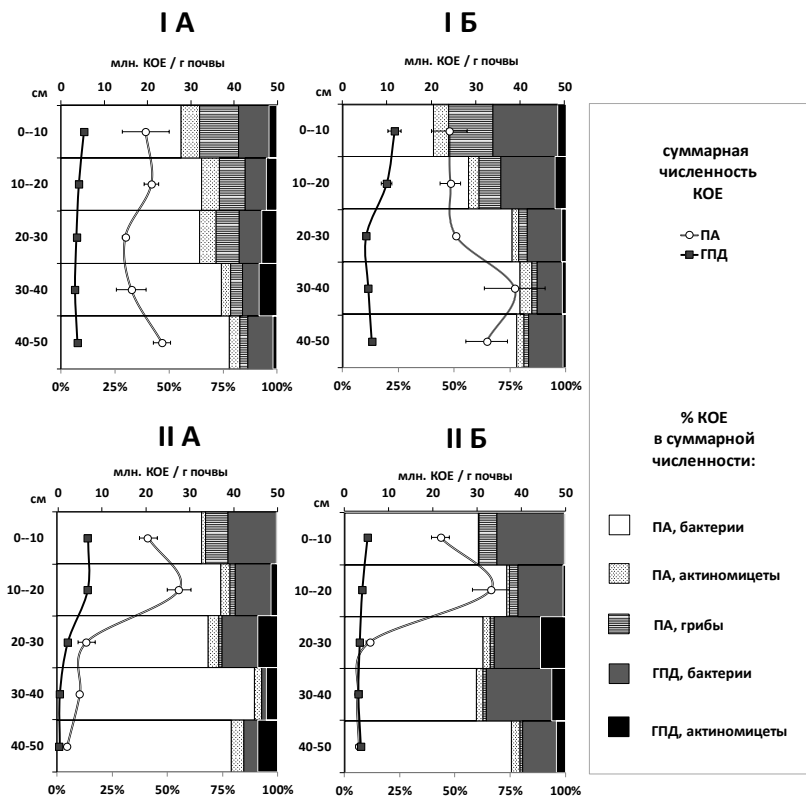


Рисунок. Численность микроорганизмов, растущих на твердых питательных средах, в профилях пастбищных каштановых почв (I) и солонцов (II): А – умеренная интенсивность выпаса скота (800 м от фермы), Б – высокая интенсивность выпаса скота (200 м от фермы).

В целом, полученные нами данные не выявили чрезмерной нагрузки на участок пастбища в 200 м от овечьей фермы, соответствуя ранее полученным результатам о росте биологических показателей каштановых почв и солонцов под действием умеренной пастбищной нагрузки (Khomutova et al, 2021). При этом увеличение численности и биомассы микроорганизмов может быть вызвано перестройкой продукционного блока экосистемы в результате систематического поступления навоза в почву (Якутин, 2012).

#### Литература

1. Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования подкуранных палеопочв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья // Почвоведение. 2004. № 7. С. 853–859.

2. Смирнова И.Э., Саданов А.К., Даугалиева С.Т., Нурмуханбетова А.М., Султанова А.Ж. Влияние интродукции ассоциации эффективных микроорганизмов на микробную популяцию деградированных почв пастбищ // Экология родного края: проблемы и пути их решения. 2017. С. 306–309.

3. Якутин М.В., Дубовик Д.С. О системе показателей мониторинга экосистем сухих степей // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2012. № 2 (18).

4. Якушев А.В. Комплексный структурно-функциональный метод характеристики микробных популяций // Почвоведение. 2015. № 4. С. 429–429.

5. Khomutova T.E., Fornasier F., Yeltsov M.V., Chernysheva E.V., Borisov A.V. Influence of grazing on the structure and biological activity of dry steppe soils of the southern Russian Plain // Land Degradation & Development. 2021. T. 32. № 17. С. 4832–4844.

Исследования выполнены в рамках Госзадания № 0191-2019-0046.

Работа рекомендована к.б.н. Н.Н. Каширской.

## ОЦЕНКА ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ВЕРХНЕГО ГОРИЗОНТА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО МЕТОДОМ FLUORESCENCE IN SITU HYBRIDIZATION (FISH)

Д.А. Юршенас, Н.Н. Каширская

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение Федерального Исследовательского Центра «Пушинский Научный Центр Биологических Исследований Российской Академии Наук», [dasha\\_ometova@mail.ru](mailto:dasha_ometova@mail.ru)

The relative abundances of taxonomic groups of microbial community in the upper horizon of abandoned chernozem were estimated using the fluorescence in situ hybridization method (FISH). By this method about 60 % of the total number of metabolically active cells shown by direct counts after staining of the acridine orange was identified. Major and minor taxonomic groups were *Alphaproteobacteria* (17 %) and *Verrucomicrobia* (4 %).

В последние десятилетия одним из распространенных методов оценки таксономической структуры микробных сообществ различных местообитаний стал метод флуоресцентной гибридизации in situ (fluorescence in situ hybridization, FISH), позволяющий оценить численность метаболически активных клеток микроорганизмов и выявить их филогенетическую принадлежность.

Объектом исследования был верхний горизонт южного чернозема из Богучарского района Воронежской области, поселок Филоновский. Почва в течение одного года находилась в залежном состоянии, после многолетней регулярной распашки. Была проведена оценка относительного обилия метаболически активных клеток микроорганизмов, с использованием рПНК-специфичных олигонуклеотидных зондов (Манучарова, 2010): *Archaea* ARCH915, *Alphaproteobacteria* ALF1b, *Betaproteobacteria* BET42a, *Actinobacteria* HGC69a, *Acidobacteria* HoAc, *Verrucomicrobia* Ver138. Общую численность микробного сообщества почвы оценивали прямым счетом с использованием акридина оранжевого.

На рисунке представлены численность отдельных таксономических групп и их относительное обилие в почве. Гибридизация с олигонуклеотидными зондами позволила выявить  $2.03 \times 10^8$  кл./г, что составило около 60 % микробного сообщества, общая численность которого достигала  $3.42 \times 10^8$  кл./г. Численность отдельных таксономических групп варьировала от  $0.14 \times 10^8$  до  $0.59 \times 10^8$  кл./г. Максимальную долю

микробного сообщества представляли *Alphaproteobacteria* – 17 %, а минимальную – *Verrucomicrobia* – 4 % от общей численности микробных клеток, окрашенных акридином оранжевым. Сумма *Alphaproteobacteria* и *Betaproteobacteria* составляла 26 %, что согласуется с результатами по обилию *Proteobacteria* в черноземе южном, где по данным метагеномного анализа эта группа микроорганизмов может варьировать в пределах 23–26 %, увеличиваясь при оптимальной сельскохозяйственной обработке (Мельничук и др., 2018). Значительную долю микробного сообщества – 13 % – составляли *Acidobacteria*. Это в 2.5 и 3.5 раза выше, чем показано для южного чернозема из степной части Крыма (Мельничук и др., 2018) и типичного чернозема из Воронежской области (Манучарова и др., 2020). Известно, что *Acidobacteria* относятся к основным таксонам, которые связаны с разложением органического вещества в почве (Banerjee et al., 2016). Доля *Actinobacteria* по данным нашего исследования составляла около 8 %, что было в 3.3–4.5 раза меньше, чем значения относительного обилия этой группы в южных черноземах (Мельничук и др., 2018), и 3.5 раза меньше, чем в типичном черноземе Воронежской области (Манучарова и др., 2020). К наименее распространенным таксономическим группам в современных почвах относятся *Verrucomicrobia*, доля которых в нашем исследовании не превышала 4 %, а в черноземе южном из степной части Крыма возрастала до 4.4 % в результате оптимальной сельскохозяйственной обработки (Мельничук и др., 2018). Численность *Archaea* составляла 8 % от общей численности, полученной при окрашивании акридином оранжевым, и была в 7 раз меньше, чем сумма численности остальных таксономических групп. По данным Семенова, численность *Archaea*, полученная с использованием метода FISH, в черноземе типичном была в 3.5 раза меньше численности бактерий (Семенов и др., 2016).

Таким образом, для южного чернозема Богучарского района Воронежской области, нами были выявлены повышенная доля *Acidobacteria* и низкая доля *Actinobacteria*, по сравнению с результатами исследования аналогичной почвы из степной части Крыма. При этом было показано значительное сходство относительного обилия *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia* с литературными данными, полученными для черноземов с помощью метагеномного анализа.

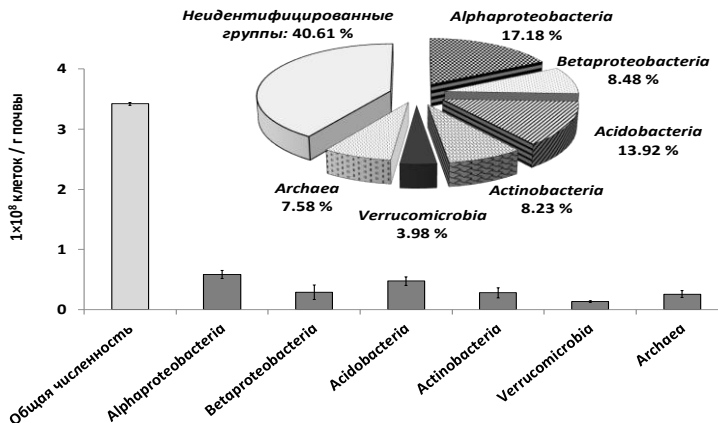


Рисунок. Численность и относительное обилие таксономических групп микробного сообщества в верхнем слое южного чернозема.

#### Литература

1. Манучарова Н.А. Молекулярно-биологические аспекты исследований в экологии и микробиологии // М. Изд-во Моск. ун-та. 2010.
2. Манучарова Н.А., Ксенофонтова Н.А., Каримов Т.Д., Власова А.П., Зенова Г.М., Степанов А.Л. Изменение филогенетической структуры метаболически активного прокариотного комплекса почв под влиянием нефтяного загрязнения // Микробиология. 2020. 89(2). С. 222–234.
3. Мельничук Т.Н., Абдурашитов С.Ф., Андронов Е.Е., Еговцева А.Ю., Абдурашитова Э.Р., Гонгало А.А., Турин Е.Н., Зубоченко А.А. Изменение состава микробиома чернозема южного при влиянии систем земледелия и микробных препаратов // Таврический вестник аграрной науки. 2018. (4). С. 76–87.
4. Семенов М.В., Манучарова Н.А., Степанов А.Л. Распределение метаболически активных представителей прокариот (архей и бактерий) по профилям чернозема и бурой полупустынной почвы // Почвоведение. 2016. (2). С. 239–248.
5. Banerjee S., Kirkby C.A., Schmutter D., Bissett A., Kirkegaard J.A., Richardson A.E. Network analysis reveals functional redundancy and keystone taxa amongst bacterial and fungal communities during organic matter decomposition in an arable soil // Soil Biol. Biochem. 2016. (97). P. 188–198.

Работа рекомендована к.б.н. А.В. Борисовым.

Исследования проведены при поддержке Российского Научного Фонда, проект 19-18-00406.



## Секция III

*Почвосохраниющее земледелие*

# SOIL PHYSICAL PROPERTIES UNDER DIFFERENT TILLAGE AND DRAINAGE MANAGEMENT

Hengkang Zhao

The Ohio State University, Columbus, Ohio, US

zhao.2431@osu.edu

Different tillage and drainage strategies may have various effects on soil physical properties. The operation of conventional tillage (CT, chisel-tilled in this report) adjusts soil physical properties to meet the requirements of crop development and production by mechanically loosening soil. No-till (NT) is a conservation tillage practice where crops are grown without primary tillage (such as chisel plowing or disking), although there is soil disturbance due to the opening of furrows during sowing. The NT system can be effective in maintaining or improving soil physical properties through plant residues and reducing field traffic. In heavy-textured soils, compared with no drainage (ND) management, proper drainage (D) in cropland reduces excessive water. As the proportion of water and air in the soil changes, the ability of the soil to provide support and traction for animals and vehicles (traffic ability) is altered as the strength of the soil changes with water content.

Current research mainly focuses on the immediate effects of treatments, and there is little knowledge regarding the seasonal dynamics of soil physical properties under different tillage and drainage management. Data from a single sampling only indicates the physical soil condition at a specific sampling time. Different strategies of tillage and drainage may affect soil properties not only immediately after their application but also at later stages. Crop growth, tillage operations, soil water content, and soil organic matter may lead to short-term dynamics of soil physical properties. Evaluating seasonal soil physical changes may provide a better understanding of soil physical functioning for crop growth. Thus, the primary objectives of this report are: 1. to analyze soil physical properties under different tillage and drainage treatments; and 2. to identify short-term seasonal changes in soil physical properties.

The Waterman Farm at The Ohio State University in the United States (44°02'00" N, 83°02'30" W) serves as the experimental site. Local soils are classified as Crosby silt loam under USDA soil classification. Tillage (NT, CT) and drainage (D, ND) treatments have been established since 1994. Since the plow depth of CT is about 15 cm, bulk soil samples and intact soil cores were collected at depths of 0–15 cm, 15–30 cm, and 30–45 cm during 2019/5–2020/3. Soil bulk density (BD), porosity, saturated hydraulic conductivity ( $K_{sat}$ ), and field water capacity (FC) are measured.



In this study, we found that tillage and drainage treatments can change soil physical properties. Soils under no-till management showed lower BD but higher porosity, Ksat, and FC in the surface layer (0–15 cm), while CT plots tended to have better soil physical properties in subsoils (15–30, 30–45 cm). Drainage management tends to have similar effects. Soil physical properties also showed seasonal variabilities. In the surface layer (0–15 cm), these changes were possibly related to crop growth conditions and tillage operations. In deeper layers (15–30, 30–45 cm), drainage treatment tends to have slightly more influence on seasonal changes of soil physical properties. More details will be provided during the presentation.

Professors Rattan Lal and Brian Slater have provided advice for this report.

УДК 631.4

ОЦЕНКА СКОРОСТИ СЕКВЕСТРАЦИИ ПОЧВЕННОГО  
ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ  
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО КАРТАМ ФАО

С.А. Антонова, А.Ю. Горбачева, Ю.Л. Мешалкина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
anna.buyvolova@soil.msu.ru

The rates of carbon sequestration were estimated in arable lands in Belgorod Oblast (Russia). The FAO GSOCseq map was used. It was estimated that if the BAU scenario is established, soils within a zone of the Common and Southern Chernozems will lose 0.012 tC/ha annually. On average the arable soils of Belgorod Oblast will increase the soil organic carbon stock by 0.018 tC/ha annually according to the BAU scenario.

По данным Сельхозпортала, в Белгородской области (БО) пахотные земли составляют 44.4 % от площади региона. На карте почвенно-экологического районирования почвы БО относятся к одной из двух зон: зоне оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов и серых лесных почв лесостепи (далее – лесостепной зоне) или к зоне обыкновенных и южных черноземов степи (далее – степной зоне). Поэтому почвы области могут обладать высоким потенциалом секвестрации почвенного органического углерода (далее – углерода). Определение потенциала секвестрации углерода почвами БО представляет интерес с точки зрения достижения Россией целей по связыванию углерода в рамках международных договоров (Парижское соглашение, 2015).

В ходе работы по данным карты ФАО GSOCseq были оценены величины абсолютной и относительной скоростей секвестрации для четырех сценариев на 2040 год: с сохранением текущих практик землепользования (BAU) и с применением техник устойчивого управления почвами при приросте поступления органического вещества на 5 % – (SSM1), на 10 % – (SSM2) и на 20 % – (SSM3).

Прогнозируется, что даже при осуществлении сценария BAU для пахотных почв БО в целом средняя скорость секвестрации углерода будет положительной: ежегодно будет закрепляться по 0.018 т С на га, а при использовании техник устойчивого управления почвами – для сценариев SSM1, SSM2, SSM3 – 0.058, 0.096, 0.171 т С/га в год, соответственно. Относительная скорость секвестрации при этом изменяется от 0.040 т С/га в год для сценария SSM1 до 0.153 т С/га в год для сценария SSM3.

На данном основании можно заявлять о высоком потенциале секвестрации углерода почвами БО.

При сохранении текущих практик управления почвами, запасы углерода в почвах лесостепной зоне БО будут увеличиваться на 0.027 т С/га в год, а в степной зоне – будут уменьшаться на 0.012 т С/га в год. Прогнозируемая относительная скорость секвестрации для пахотных почв степной зоны ниже, чем для почвы лесостепной зоны. Поэтому можно предположить, что почвы степной зоны имеют более низкий потенциал секвестрации углерода.

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. А.Ю. Горбачевой.

УДК 631.8

ДЕЙСТВИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ

И.А. Варфоломеева

Красноярский государственный аграрный университет

varfolomeeva.2002@list.ru

The paper considers the effect of cake from tea and vermicompost obtained on the basis of this waste on the fertility of agro-gray soil and corn yield. The maximum yield of corn is formed when 3 and 5 t/ha of vermicompost are applied to the soil and soil properties are optimized.

Пахотные почвы Красноярской лесостепи имеют отрицательный баланс макроэлементов и гумуса, что ведет к истощению почв и снижению их плодородия. Одним из способов пополнения органического вещества в почвах является применение органических отходов и верми-

технологии, позволяющей перерабатывать эти отходы с получением органических удобрений нового поколения. На кафедре почвоведения и агрохимии Красноярского ГАУ получены удобрения на основе пищевых отходов, переработанные червем *Eisenia fetida*. Цель работы – исследовании влияния разных доз жмыха из чая и вермикомпоста, полученного на его основе на показатели потенциального и эффективного плодородия агросерых почв и урожайность кукурузы. Объектами исследований являлись агросерая почва, жмых из чая, вермикомпост на его основе, Тестовой культурой являлась кукуруза (*Zea mays* L.) сорт Сибириячка. Исследования проводили в вегетационно-полевом опыте на стационаре Красноярского ГАУ в период 2021 гг. Вермикомпост (ВК) и жмых из чая в дозах 3–5 т/га вносили в агросерую почву. Повторность опыта 4-х кратная, размещение вариантов последовательное. В почвенных образцах агрохимические показатели определяли традиционными методами. Результаты проведенных исследований показали, что  $pH_{H_2O}$  почвы нейтральный. Установлена очень высокая обеспеченность аммонийной формой азота агросерой почвы, которая преобладала над нитратной. Наибольшему накоплению аммонийного азота способствовало внесение в агросерую почву 5 т/га ВК, подготовленного на основе жмыха чая. Обеспеченность нитратным азотом изменялась по вариантам опыта от средней до высокой. Выявлена очень высокая обеспеченность подвижным фосфором агросерой почвы в вариантах с применением ВК. Показатель возрос на 16–74 % к контролю в зависимости от применяемой дозы удобрения, что обусловлено очень высоким количеством фосфора в составе ВК. Обнаружена очень высокая обеспеченность обменным калием в контроле. Снижение количества калия в удобренных вариантах обусловлено выносом этого элемента урожаем кукурузы. Внесение в почву разных доз ВК способствовало увеличению запасов органического вещества в агросерой почве на 7–26 % к контролю, но наибольшее накопление его происходило под действием 3 т/га вермикомпоста, внесенного в агросерую почву. Максимальный вклад в формирование урожайности кукурузы внес вермикомпост, внесенный в агросерую почву в количестве 3 и 5 т/га. Прибавка к контролю в этих вариантах составила 59–68 %. Результаты корреляционно-регрессионного анализа свидетельствуют о средней корреляционной связи урожайности кукурузы с содержанием минеральных форм азота. Коэффициенты корреляции составили  $r = 0.64$ .

Работа рекомендована д.б.н., проф. каф. почвоведения и агрохимии О.А. Ульяновой.

ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ ОСНОВНЫХ  
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ УГАНДЫ

Е.Э. Денисова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
Denisova.Elizavet@gmail.com

The main limiting factors of soil fertility for Ferralsols, Plinthosols, and Acrisols of Uganda are parent material and lack of nutrients. Mountainous Stagnosols also suffer from micronutrient deficiencies and particularly vulnerable to water erosion.

Уганда – сельскохозяйственная страна с постоянно растущим населением на небольшой территории и огромными проблемами по обеспечению продовольственной безопасности. Для решения этих проблем требуется комплекс действий, в частности адаптация современных эффективных систем земледелия к разнообразным локальным агроклиматическим и почвенным условиям Уганды. Природные условия Уганды, которые характеризуются пересечённым рельефом, ливневыми осадками и уплотнёнными почвами, приводят к ускоренной водной эрозии почв и неравномерному развитию аграрных технологий, что ведет к дисбалансу в использовании удобрений и средств химической защиты растений.

Работа включает лабораторные анализы и полевые описания почв. Почвенные образцы отбирались из середины каждого горизонта. Проведены анализы физических, химических и физико-химических свойств почв, в соответствии с международными методиками, рекомендуемыми ISRIC. Выполнена характеристика почв и определен минералогический состав.

Исследование проводилось в 2019–2020 на четырех объектах, лежащих в области субэкваториального климата. Данная местность располагается на Восточно-Африканском плато между двумя рукавами Восточно-Африканской рифтовой системы. Материнские породы места исследования неоднородны, преобладают продукты выветривания и коллювий из гнейсов. Объектом исследования данной работы являются почвы четырех регионов Республики Уганда с разным режимом землепользования. Выбор регионов исследования обусловлен доминирующей выращиваемой культурой. Так почти половина выращенного в стране картофеля приходится на гористую местность Качерере. В регионе Кириадонго выращивают кукурузу, в Куми – кассаву, а в Кабаньоло – бобовые.

Выявлены основные факторы, лимитирующие плодородие почв в исследованных агроэкологических районах. В первую очередь, это литологический фактор: анализ глинистой фракции показал повсеместное преобладание в составе минералов каолинита и наличие примесей кварца, которые обладают низкой емкостью катионного обмена. Наибольшее количество низкоактивных каолинистых глин отмечено в составе почвы Ferralsols Кириадонго – наименьшее в Stagnosols Качерепе, где значительную долю составляет иллит, вермикулит и относительно много смешаннослойных минералов. В Plinthosols Кабаньоло отмечена агрогенная иллитизация и общий иллитово-каолинистый состав глин, в Acrisol Куми состав вермикулитово-каолинистый – они занимают промежуточное положение по выраженности влияния этого фактора.

Другим лимитирующим фактором оказывается дефицит основных питательных элементов. Повсеместно требуется использовать удобрения с микроэлементами (такими как бор, марганец, молибден, медь). На Plinthosols Кабаньоло и Stagnosols Качерепе необходимо дополнительно вносить калийные удобрения, строго соблюдать агротехнику и дозы внесения, а для поддержания существующего уровня – продолжать внесение фосфатных удобрений.

Исследованные почвы характеризуются разной степенью уязвимости к эрозии – наиболее уязвимы горные почвы Stagnosols Качерепе, далее почвы Acrisols Куми и Plinthosols Кабаньоло, а наименее уязвимы Ferralsols Кириадонго. Для ее предотвращения рекомендуется ведение севооборота, выращивание покровных культур, мульчирование поверхности.

Исследования выполнено в рамках проекта № 0751520191868 «Совершенствование комплексных технологий управления почвенными ресурсами для увеличения производства сельскохозяйственных культур в Уганде».

Работа рекомендована д.б.н., проф., и.о. декана факультета почвоведения П.В. Красильниковым.

## ХАРАКТЕРИСТИКА СКОРОСТЕЙ СЕКВЕСТРАЦИИ УГЛЕРОДА ПАХОТНЫМИ ПОЧВАМИ МОСКОВСКОЙ, ТУЛЬСКОЙ И РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

В.А. Добровольская, Д.М. Шабалина, Ю.Л. Мешалкина  
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
gafiatulina.valeriya@mail.ru, dashabalina00@gmail.com

The rates of carbon sequestration were estimated in arable lands of Rostov region, Tula region and Moscow region (Russia) using the FAO GSOCseq map. According to the BAU scenario on average the soil organic carbon stock will increase by 0.080 tC/ha annually in Moscow region, by 0.139 tC/ha annually in Tula region, the value will be about zero in Rostov region.

Инициативой «4 промилле», предложенной в 2015 году в Париже на 21-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата, предусмотрена компенсация эмиссии парниковых газов путем закрепления углерода в пахотных землях. В 2020 году Глобальным почвенным партнерством ФАО ООН была инициирована работа по созданию глобальной карты потенциала секвестрации органического углерода почвами сельхозугодий – GSOCseq. В России эти работы координируются на факультете почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. В качестве основных были разработаны четыре карты скорости секвестрации углерода пахотными почвами России согласно следующим сценариям: сохранение существующих практик землепользования (BAU) и три сценария с применением углеродосберегающих практик различной интенсивности: при приросте поступления органического вещества на 5 % – (SSM1), на 10 % – (SSM2) и на 20 % – (SSM3).

В данной работе были оценены скорости секвестрации углерода исходя из четырех описанных сценариев для трех областей: Ростовской, Тульской и Московской, – образующих своеобразный зональный ряд. В почвенном покрове Ростовской области господствуют черноземы обыкновенные и южные, а также каштановые почвы, в Тульской области преобладают серые лесные почвы и черноземы выщелоченные и оподзоленные, в Московской области – дерново-подзолистые почвы.

Потенциал секвестрации углерода возрастает в ряду Московская область – Тульская область и затем снижается от Тульской к Ростовской области. При сохранении существующих практик землепользования (BAU) он составляет в среднем для Московской области – 0.080 т С/га в год, для Тульской области – 0.139 т С/га в год, для Ростовской

области наблюдается небольшая эмиссия, несколько превышающая нуль ( $-0.005$  т С/га в год). Применение углеродосберегающих практик различной интенсивности приведет к увеличению скоростей закрепления углерода, которые при самом благоприятном сценарии (SSM3) составят для Московской области  $0.152$  т С/га в год, для Тульской области  $-0.359$  т С/га в год, а для Ростовской области  $-0.127$  т С/га в год. Также отмечена тенденция увеличения размаха 95 % доверительных интервалов при увеличении интенсивности углеродосберегающих практик.

По результатам работы сделан вывод о высоком потенциале секвестрации углерода почвами Тульской, Московской и Ростовской областей, а также об устойчивом росте скорости секвестрации при увеличении интенсивности применения углеродосберегающих практик.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. Ю.Л. Мешалкина.

УДК 631.40

### СДВИГИ C:N В ПОЧВЕ, ОПАДЕ И БИОМАССЕ РАСТЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАГРЕВАЮЩЕГО И ИССУШАЮЩЕГО ЭФФЕКТОВ ФАКЕЛОВ ПОПУТНОГО ГАЗА

Д.М. Дударева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН, darya\_dudareva@mail.ru

Global warming can lead to significant transformations in terrestrial ecosystems and a change in the functioning their constituent components. Therefore, studies of shifts in ecological C:N stoichiometry in soil and plant biomass of terrestrial ecosystems exposed to drying and heating effect of the flaring of associated gas are promising, and might be greatly informative both for basic and applied science concerned with global changes.

Одним из наиболее информативных индикаторов изменений в функционировании наземных экосистем и, следовательно, сдвигов в интенсивности циклов азота и углерода, является изменение в экологической C:N стехиометрии для основных пулов органического вещества. Одним из основных инструментов для изучения экологических последствий изменения климата являются эксперименты с контролируруемыми изменениями тех или иных климатических факторов (манипуляционные эксперименты). При сжигании попутного газа в факелах наблюдается повышение температуры воздуха и почвы, уменьшается влагообеспе-

ченность корнеобитаемого слоя на прилегающей территории. Поэтому сосновые леса, произрастающие в зоне теплового воздействия факелов попутного газа, могут быть использованы в качестве модельных объектов, имитирующих лесные экосистемы, развивающиеся в условиях глобального изменения климата, иначе говоря – в качестве удобной альтернативы дорогостоящим манипуляционным экспериментам.

Объектами исследования были образцы почвы и растений, отобранных на пробных площадях (мониторинговых площадках) около действующих факелов попутного газа (почва подзол иллювиально-железистый стратифицированный песчаный), под молодым сосняком (*Pinus silvestris* L.) в окрестностях г. Покачи (Ханты-Мансийский автономный округ). Основные усилия были направлены на исследование секций с максимальным, умеренным и слабым воздействием факела, соответственно (секции I, III и VII).

В ходе исследования объектов (сравнения двух площадок у факелов I и II) было установлено, что соотношение C:N в водорастворимых формах снижается по мере удаления от факела. Минимальное значение углерода микробной биомассы было обнаружено на ближайших к факелам секциях I (673 мкг C/г почвы и 249 мкг C/г почвы, для площадок около факелов I и II, соответственно), максимум – посередине пробных площадей секции III, в которых ещё наблюдается положительное влияние температур воздуха на обеих площадках. Значения углерода микробной биомассы на площадке у факела I были примерно в 2 раза выше, чем на площадке у факела II.

Сравнительное изучение величин C:N в почве за 5 лет показало уменьшение их значений примерно на 30 %. Однако, общая тенденция влияния иссушающего и нагревающего воздействия факелов сохранилась прежней. Аналогичные исследования C:N в растениях выявили почти 2-кратное снижение C:N в хвое, древесине и опаде. В древесине за те же 5 лет произошла смена тенденции от увеличения к снижению соотношения C:N по мере удаления от факела.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 20-04-00343.

Работа рекомендована к.б.н. И.В. Евдокимовым.



# ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОБАВОК ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВООБРАЗУЮЩЕГО МИНЕРАЛА, КАОЛИНИТА

А.А. Киушов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
akiushov1@yandex.ru

A dramatic change in rheological behavior of a clay material caused by minor addition of hydrophilic and amphiphilic polyelectrolytes.

Химическая модификация почв полиэлектrolитами (ПЭ) и полиэлектролитными комплексами (ПЭК) является перспективным методом решения проблем, связанных с прогрессирующей эрозией почв. При этом одной из задач является минимизация количества используемого модификатора. Цель работы состояла в изучении физико-химических, механических и структурных аспектов взаимодействия распространенного почвообразующего алюмосиликата, каолинита, с ПЭ: синтетическим поликатионом, поли(диаллилдиметиламмоний) хлоридом (ПДАДМАХ), природными полианионами, гуминовыми солями калия (ГумК), анионным и катионным ПЭК на их основе. В качестве модельной системы использовали коммерческий природный каолинит (Sigma-Aldrich, США) с удельной поверхностью частиц  $13.7 \pm 0.8 \text{ м}^2/\text{г}$  и гранулометрическим составом: 10–50 мкм – 29.82 %; 5–10 мкм – 33.01 %; 2–5 мкм – 34.27 % и < 2 мкм – 5.8 %.

Исследование смесей каолинита с полимерами, показало, что катионный ПДАДМАХ вступает с частицами глины в электростатическое взаимодействие. Адсорбция анионных ГумК на поверхности частиц глины, обусловлена формированием водородных связей и реализацией ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Методом РФА показано, что при взаимодействии с глиной ПЭ не включаются в межслоевое пространство частиц минерала. Для оценки прочности структурных связей в каолините в капиллярно-увлажненном состоянии и количественного сопоставления устойчивости структуры глины до и после модификации малыми добавками ПЭ (0.1 % от веса сухого минерала) к действию механических нагрузок проведены реологические испытания на модульном реометре. Использован динамический метод амплитудной развертки с измерительной системой параллельных плато, в котором образцы подвергаются осциллирующим деформациям. Показано, что каолинит в капиллярно увлажненном состоянии (влажность 78 %) характеризуется достаточно жесткими структурными связями, но хрупким поведением

под нагрузкой ( $G'_{\text{ДЛВ}} = 212 \pm 10$  кПа,  $\epsilon_{\text{кр}} = 9.8 \pm 0.8$  %). Обработка ГумК приводит к выраженному уменьшению прочности связей в увлажненной глине, но увеличению диапазона пластичного поведения ( $G'_{\text{ДЛВ}} = 3.5 \pm 0.8$  кПа,  $\epsilon_{\text{кр}} = 73.6 \pm 0.6$  %). Обработка ПДАДМАХ и обоими поликомплексами приводит к увеличению прочности связей в глинистой пасте, но уменьшению диапазона пластичного поведения ( $G'_{\text{ДЛВ}} = 2080 \pm 24$  кПа,  $\epsilon_{\text{кр}} = 0.75 \pm 0.14$  %). Предложен механизм взаимодействия ПЭС с пластинчатыми частицами минерала

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-29-25017мк.

Работа рекомендована к.х.н., в.н.с. И.Г. Пановой.

УДК 631.42

ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В  
ПОЧВЕ И РАЗНЫХ ЧАСТЯХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КРАПИВЫ  
(*URTICA DIOICA*) И ПЫРЕЯ (*ELYTRIGIA REPENS*)

Н.А. Комолкина

Санкт-Петербургский государственный университет  
tasha.li954@gmail.com

In this work, a comparative analysis of the elemental composition of nettle and couch grass was carried out. The concentrations of macro- and trace elements in roots and leaves and in the rhizosphere soil of the plants differed significantly. Besides, daily fluctuations in the content of elements in different parts of the plants were also observed.

Аккумуляция микро- и макроэлементов растениями зависит от большого числа факторов. Цель работы – изучение поведения элементов в зависимости от вида растения. Объекты исследования – пырей ползучий (*Elytrigia repens*) и крапива двудомная (*Urtica dioica*). Для анализа были отобраны образцы – корни и листья, а также ризосфера. Отбор образцов производился в Санкт-Петербурге (59.836255° N, 30.383718° E) 3, 10 и 25 мая 2021 года 3 раза в сутки в 9:00, 14:00 и 19:00. Почва в месте сбора – урбостратозём легкосуглинистый рекультивированный,  $\text{pH}_{\text{вод}}$  верхнего горизонта (URrat) 7.2, содержание С 6.27 % (по методу Тюрина). Для определения элементов в образцах применялись методы оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-OES) и масс-спектрометрии с индуктивно-

связанной плазмой (ICP-MS). В качестве экстрагента использовалась концентрированная  $\text{HNO}_3$  объёмом 9 мл, после образцы нагревали в микроволновой печи в течение 10 минут до  $180^\circ\text{C}$  и выдерживали при данной температуре 9.5 минут. Элементный анализ образцов проводился в университете Оулу, Финляндия.

Макроэлементы неравнозначно распределены в разных частях растений изучаемых видов. В листьях как *Elytrigia repens*, так и *Urtica dioica* по сравнению с корнями аккумулируются такие макроэлементы, как Ca, Mg, K, P, их содержание в листьях в 1.3–3.7 раза выше. В листьях *Urtica dioica* содержание Ca, Mg, P, Fe выше в 1.98–6.5 раза, по сравнению с листьями *Elytrigia repens*. Концентрация Ca, Mg, Fe в ризосфере *Elytrigia repens* больше, чем в листьях в 4.7, 2.2 и 166 раза соответственно, а в ризосфере *Urtica dioica* концентрация Ca и Fe выше в 1.3 и 29 раз. В то время как концентрация K, P в ризосфере ниже у обоих видов по сравнению с корнями и листьями.

Подземные части *Elytrigia repens* и *Urtica dioica* богаче Na и Zn, Ba и Mn в корнях и листьях содержатся примерно в одинаковых количествах. В листьях обоих растений содержание Cu, Sr, Rb и Ni выше, чем в корнях. В ризосфере концентрация Cu, Co, Sr, Rb и Ni в 1.2–5.7 раза выше по сравнению с корнями, и в 0.8–4.5 раза выше, чем в листьях. Это может свидетельствовать о наличии физиологического барьера в отношении отдельных микроэлементов, который препятствует их избыточному поступлению в растение.

В течение дня содержание элементов варьирует, однако закономерности изменений неодинаковы для крапивы и пырея.

Работа рекомендована н.с. каф. почвоведения и экологии почв И.В. Штангеевой.

РОЛЬ РИЗОСФЕРНОЙ БАКТЕРИИ  
*PSEUDOMONAS FLUORESCENS* 2137 В АКТИВАЦИИ ЗАЩИТЫ  
ЯЧМЕНЯ ОТ ФУЗАРИОЗНОЙ КОРНЕВОЙ ГНИЛИ

М.И. Лебединский

Санкт-Петербургский государственный университет  
st064175@student.spbu.ru

The role of the rhizobacterium *Pseudomonas fluorescens* 2137 in activation of barley defense responses to fusarium root rot was studied using polymerase chain reaction.

Одним из агентов биоконтроля фузариозной корневой гнили, вызываемой грибом *Fusarium culmorum* 30 (Fc30), обитающим в почве, является ризобактерия *Pseudomonas fluorescens* 2137 (Pf2137). Предварительными исследованиями было установлено, что взаимоотношения между Fc30 и Pf2137 носили характер конкуренции, что приводило к снижению количества не только гриба, но и бактерии в корнях ячменя [1]. Тем не менее во всех проведённых экспериментах присутствие Pf2137 в корнях всегда сопровождалось значительным снижением интенсивности корневой гнили, вызываемой Fc30. Для прояснения механизма биоконтрольного действия Pf2137 мы оценили активность генов хозяйской защиты *PAL*, *PR1* и *LOX* в корнях ячменя, колонизированного только Pf2137, только Fc30 и совместно грибом и бактерией. Контролем служили стерильные растения ячменя.

В стерильный увлажнённый вермикулит вносили суспензии клеток Pf2137 и/или макроконидий Fc30, тщательно перемешивали, затем в вермикулит помещали проросшие семена ячменя. Вермикулит контрольных вариантов был инокулирован стерильной водой. Интенсивность корневой гнили оценили на 12-е сутки. Образцы корней из всех вариантов отбирали на 1-е, 2-е и 12-е сутки и быстро погружали в жидкий азот. Из замороженных корней была выделена РНК, на её основе с помощью обратной транскрипции была получена кДНК, в которой методом ПЦР в реальном времени определяли относительное количество копий генов *PAL*, *PR1* и *LOX*.

Результаты эксперимента показали, что присутствие только Pf2137 в корнях не приводило к увеличению уровня экспрессии генов хозяйской защиты. В корнях ячменя, в которых присутствовал только Fc30, отмечено подавление экспрессии гена *PAL* на 1-е сутки и гена *LOX* на 1-е и 2-е сутки, но усиление экспрессии гена *PAL* на 2-е и 12-е

сутки. Совместное присутствие в корнях ячменя гриба и бактерии сопровождалось усилением экспрессии гена *LOX* в течение всего наблюдаемого периода, гена *PAL* на 2-е и 12-е сутки и гена *PR1* на 1-е сутки наблюдения и привело к существенному снижению интенсивности корневой гнили ячменя. Интересно, что Pф2137 активировала иммунные реакции ячменя лишь в присутствии Fc30.

#### Литература

1. Струнникова О.К., Вишневская Н.А., Тихонович И.А. Колонизация корней ячменя *Fusarium culmorum* и влияние *Pseudomonas fluorescens* на этот процесс // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44, в. 2. С. 160–168.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-016-00111.

Работа рекомендована к.б.н., доц. В.Ю. Шахназаровой.

УДК 631.4

### ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ВЫСОКОГОРСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В.В. Мальцева

Казанский федеральный университет, violinamaltseva@gmail.com

The humus composition of gray forest and sod-carbonate soils of the Vysokogorsky district of the Republic of Tatarstan has been studied. It was found that the humus content varies between 2.39–4.09 %.

Гумус является ключевым фактором плодородия почв, это важнейший источник элементов питания растений. Он улучшает структуру и физические свойства почв.

Исследование направлено на изучение гумусного состояния серых лесных и дерново-карбонатных почв Высокогорского района Республики Татарстан.

Было изучено содержание гумуса на полях производственных посевов Высокогорского района (ООО «Березка»). Показано, что процентное содержание гумуса неоднородно, оно варьируется в пределах 2.39–4.09 %. Это связано с пестротой почвенного покрова, так как почвенные типы изучаемой местности различны.

Данная работа позволяет определить запасы гумуса на производственных посевных полях, для дальнейшего прогнозирования урожайности.

Процентное содержание гумуса было определено по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова. Плотность сложения пахотного горизонта была определена методом определения плотности сложения сухой почвы по Качинскому.

Были вычислены запасы гумуса в пахотном горизонте серой лесной и дерново-карбонатной почве. Запасы гумуса на полях с серой лесной почвой варьируются в пределах 56.1–97.7 т/га, а с дерново-карбонатной в пределах 88.2–103.0 т/га, что соответствует стандартным значениям запаса гумуса у серых лесных и дерново-карбонатных почв.

На основе полученных данных можно разработать систему удобрений для каждого поля и спрогнозировать урожайность.

Работа рекомендована к.с.-х.н., ст. преп. Л.Ю. Рыжих.

УДК 631.481, 631.421.1

## ИНДИКАТОРЫ ПРОШЛОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВЫ ПОДТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.Г. Мезин

Томский государственный университет  
mezinakim88@mail.ru

Some forest ecosystems in the southern part of the forest zone of Western Siberia near old villages were formed on the site of former agricultural land (arable land, pastures, mows) of the last two or three centuries. Historical and ecological studies are required to reliably determine the history of land use of a particular forest. In the course of this work, indicators of the agrogenic past of the ecosystem were described, the reliability of which was substantiated using an archive map of 1823.

Многие лесные экосистемы дренированных междуречий южной части лесной зоны Западной Сибири сформированы на месте бывших сельскохозяйственных угодий (пашни, выгоны, покосы) последних двух–трех столетий. Предшествовавшие агрогенные воздействия могли внести существенный вклад в параметры и структуру почв, а также оказать влияние на характеристику экосистемы в целом. Для выявления вклада предшествовавшего агрогенного влияния в строение экосистем необходим специальный историко-экологический анализ, примеры которого для Западной Сибири практически отсутствуют. Роль былого воздействия человека на формирование экосистем необходимо учитывать для прогно-

за сукцессионных траекторий и проведения работ по управлению экосистемами, призванного сохранить максимальное популяционное, видовое и экосистемное биоразнообразие на уровне ландшафта в целом.

Успешность историко-экологического анализа во многом зависит от наличия исторических карт и иных материалов, характеризующих былые угодья. Однако доступность таких материалов ограничена, поэтому необходимо для модельных территорий, обеспеченных историческими материалами, выявлять набор индикаторов прошлых агрогенных воздействий с тем, чтобы затем их использовать для местностей, не обеспеченных историческими материалами.

В ходе данной работы были описаны индикаторы агрогенного прошлого экосистем, достоверность которых обоснована с использованием архивной карты 1823 года. Исследования были проведены для лесного ландшафта, возникшего на месте бывших пашен, между деревнями Макурино и Кожевниково Юргинского района Кемеровской области. В качестве индикаторов агрогенного прошлого предложены особенности морфологии гумусового горизонта, архитектура крон старых деревьев, особенности залегания угольков в почвенном профиле, строение нанорельефа и др. Показано, что несмотря на то, что после забрасывания пашен прошло более 130 лет, предложенные индикаторы позволяют достоверно фиксировать факт использования в земледелии серых и светло-серых почв подтайги.

Работа рекомендована к.б.н., доц. С.В. Лойко.

УДК 631.4

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРАКТИК УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Д.С. Морозова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Россия, Москва, moiyantar@mail.ru

A database was compiled base on eight practices from three areas of sustainable land use applied in Russia. An analysis of the spatial and geographical distribution of practices is carried out. The dependence of their applicability on the soil cover and agroclimatic environmental conditions is investigated.

Проблема деградации земель имеет непосредственное отношение к России, начиная со второй половины XIX столетия. Современное со-

стояние сельскохозяйственных угодий, особенно в зонах интенсивного и рискованного земледелия, требует ответственного высококультурного подхода к их ведению на всех организационных уровнях. Одним из главных инструментов в борьбе за сохранение, восстановление и повышение продуктивности освоенных ландшафтов являются практики устойчивого землепользования.

Целью работы являлся анализ закономерностей пространственно-географического распределения практик устойчивого землепользования в России на основе созданной базы данных. База данных позволила также исследовать зависимость применимости практик от почвенного покрова и агроклиматических условий окружающей среды и спрогнозировать возможность положительных результатов от их внедрения в регионах со схожими условиями.

Всего в базу данных вошли восемь практик из трех направлений устойчивого землепользования: технологии сберегающего земледелия (No-till, Mini-till, Strip-till), гидромелиорация (капельное орошение, дождевальное орошение, обводнение торфяников) и фитомелиорация (создание, поддержание и восстановление лесополос, закрепление песков растительностью).

Практики устойчивого землепользования активно применяются и внедряются на территории России; в базу данных вошли все федеральные округа, за исключением Дальневосточного, 37 субъектов и 127 административных районов.

Технологии сберегающего земледелия (No-till, Strip-till и Mini-till), создание, поддержание и восстановление лесополос, капельное и дождевое орошение ведутся в зоне степей и лесостепей, т.е. в областях Черноземья, Западной Сибири, Среднего Поволжья и Юга России. Обводнение торфяников, напротив, применяется только в Нечерноземной зоне, начиная с Рязанской и Калужской областей, для возрождения естественных болотных экосистем и сокращения рисков возникновения природных пожаров. Борьба с опустыниванием путем фитомелиорации актуальна для республик Кавказа и Ставропольского края, территории которых частично расположены в зоне Прикаспия, и, особенно, для Республики Калмыкия.

Лидерами среди субъектов по количеству площадок, на которых реализуются технологии, стали Белгородская, Владимирская, Воронежская и Московская области, Республики Дагестан, Калмыкия, Крым, Ставропольский и Алтайский край. Регионы Дальневосточного федерального округа пока не вошли в базу данных. Данное явление связано с изменением хозяйственного назначения субъектов, увеличением чис-



ленности населения и освоенности территорий, а также улучшением почвенно-агроклиматических ресурсов.

В качестве по-настоящему «устойчивых» зарекомендовали себя такие практики, как лесополосы, внедряющиеся в нашей стране ещё с XIX века, капельное и дождевальное орошение, позволяющие получать стабильные высокие урожаи даже в самых засушливых уголках нашей страны и всего мира. Ещё предстоит завоевать широкое доверие земледельцев технологиям сберегающего земледелия, поскольку несмотря на свое сравнительно недолгое присутствие в сфере сельского хозяйства, их преимущества перед традиционной обработкой трудно оспорить. Обводнение торфяников как практика устойчивого земледелия стало особенно актуально после сильнейших пожаров 2002 и 2010 годов и уже доказало свою эффективность, т.к. при соблюдении всех нюансов технологии, вероятность возгорания снижается на более чем 90 %. Борьба с опустыниванием посредством фитомелиорации также растет с каждым годом.

Комплексный анализ карты агроклиматического районирования показал, что все практики, вошедшие в базу данных, находятся в умеренном и умеренном холодном подпоясах по обеспеченности теплом с коэффициентом увлажнения, находящимся преимущественно в пределах от 0.55–0.33 до 1–0.77 и выше. Исключение составляют обводнение торфяников и закрепление песков, тяготеющие к зонам с коэффициентами увлажнения, равными 1–1.33, >1.33 и 0.33–0.12, 0.55–0.33, соответственно.

Совмещение карты почвенно-экологического районирования со слоем административных районов из базы данных позволило сделать вывод, что большинство практик успешно реализуются в зоне оподзоленных, выщелоченных и типичных чернозёмов и серых лесных почв лесостепи. Обводнение торфяников осуществляется преимущественно в зоне дерново-подзолистых почв южной тайги на заболоченных территориях. Дождевание охватывает зоны от дерново-подзолистых почв южной тайги до обыкновенных и южных чернозёмов степи, находя успешное применение даже в условиях Восточно-Сибирской мерзлотно-таёжной биоклиматической области. Технологии No-till, Mini-till и Strip-till наибольшее распространение получили в зоне обыкновенных и южных чернозёмов степи, а также тёмно-каштановых и каштановых почв сухой степи. Закрепление подвижных песков растительностью приурочено исключительно к светло-каштановым и бурым почвам полупустыни.

Работа рекомендована к.б.н., ст. науч. сотр. О.В. Андреевой и ст. преп. И.А. Мартыненко.

ОСОБЕННОСТИ ВАРЬИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ  
И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ  
ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ДАГЕСТАНА

В.Н. Пинской<sup>1</sup>, И.А. Идрисов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
ФИЦ ПНЦБИ РАН

<sup>2</sup>Институт геологии ДНЦ РАН  
pinskoy@inbox.ru

The creation of terraces with a horizontal surface in the mountain zone led not only to an increase in the soil layer on the slope, but also to the accumulation of incoming moisture in the body of the terrace. As the thickness of the terrace profile increases, the content of soil organic carbon,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ , as well as urease and phosphatase activity, also increase.

Террасное земледелие является одним из древнейших форм морфогенеза в горной зоне. Создание террасного полотна осуществлялось за счет припашки почвообразующей породы и переноса материала вниз по склону. Важнейшим диагностическим признаком почв земледельческих террас является закономерная смена литозема (в области тылового шва) на темногумусный стратозем (в прибровочной части) в пределах тела любой террасы. Условно, земледельческую террасу можно разделить на 4 зоны: бровка, прибровочная часть, центральная часть и область тылового шва.

Для изучения закономерностей варьирования свойств почв в пределах тела одной террасы была исследована терраса на глинистых сланцах в горной зоне Дагестана на склоне северной экспозиции вблизи села Джаба Ахтынского района. Абсолютная высота 1690 м. Ширина террасного полотна 12 м. Для определения пространственного варьирования химических и микробиологических свойств было заложено 3 почвенных разреза в разных частях террасы: в прибровочной зоне (мощность 110 см), в середине террасы (мощность 70 см) и в области тылового шва (мощность 50 см).

Пространственное распределение почвенных свойств определяли по 3 химическим (органический углерод (Сорг), подвижные фосфор ( $P_2O_5$ ) и калий ( $K_2O$ )) и 3 биологическим (микробная биомасса, рассчитанная по С-СИД (МБ), активность ферментов фосфатазы (ФА) и уреазы (УА)) показателям.

Установлено, что верхний горизонт, сформированный в результате прекращения распашки, характеризуется уменьшением всех химических параметров по мере приближения к тыловому шву, тоже самое происходит с ФА и УА, и только МБ преимущественно выше в почве тылового шва террасы. С глубины 20 см от поверхности почв залегают несколько пахотных горизонтов, в них наблюдается уменьшение практически всех химических и микробиологических показателей относительно верхнего горизонта. Здесь же прослеживаются незначительные пики, вероятно вызванные прекращением пашни на короткий период. В приоровочной зоне с глубины 80 см залегают нетронутая погребенная почва, процент содержания органического вещества в которой выше, чем в современном слое. Также значительное возрастание прослеживается по всем микробиологическим показателям.

Террасирование склонов привело к увеличению объема мелкозема и запаса продуктивной влаги в теле террасы, улучшив тем самым ряд почвенных свойств. При сравнении химических ( $C_{\text{орг.}}$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ ) и микробиологических (МБ, УА, ФА) свойств почв в пределах одной террасы удалось выявить, что наиболее плодородная почва формируется в приоровочной зоне.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 19-29-05205. Полевые работы частично проводились в 2018 г. в рамках Госзадания № 0191-2019-0046.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с., зав. лаб. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения ФИЦ ПНЦБИ РАН А.В. Борисовым.

УДК 631.417.1

## ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРМАНГАНАТНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ АКТИВНОГО УГЛЕРОДА В АГРОЛАНДШАФТАХ

А.А. Прохоров

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва  
artem.prokhorov.2016@inbox.ru

We studied how the Permanganate oxidizable carbon fraction as an indicator of the active carbon pool in agricultural landscapes was considered. The following fractions were also considered as alternatives: Readily oxidizable carbon, cold water carbon, hot water carbon, and density fractions f.ПОМ  $<1.6 \text{ g/sm}^3$  and Mineral  $>2.0 \text{ g/sm}^3$ . The most indicative indicators were established.

На сегодняшний день в нашей стране достаточно мало внимания уделяется оценке гумусового состояния почв. Во многих исследованиях в области почвоведения и агрохимии один из наиболее распространенных методов количественного определения «гумуса» – бихроматное окисление, в то время как уже существует достаточно большое количество альтернативных подходов, возможно даже более простых в своей реализации. Один из таких подходов был рассмотрен в рамках данной работы.

Для проведения исследований были выбраны несколько ключевых участков на территории Краснодарского края. Почвы представлены – черноземами типичными – сверхмощными, черноземами обыкновенными мощными, легкоглинистыми на тяжелых суглинках.

Легкоокисляемый углерод (ROC) определяли путем мокрого озоления пробы в присутствии ( $K_2Cr_2O_7:H_2SO_4$ ) – 1:1, углерод водорастворимых фракций (HWC и CWC) в соответствующих вытяжках [4] содержание перманганат-окисляемого углерода (РОХС) устанавливали согласно методике, предложенной в [2]. Денситометрические фракции были выделены согласно методу [3].

Величина массового содержания РОХС варьировала в диапазоне от 564 мг/кг до 1450 мг/кг, и в среднем составляет 11–18 % от ROC. Фракции HWC и CWC характеризовались низкой воспроизводимостью. Вариация по содержанию данных фракций для одного образца внутри повторности в некоторых случаях составляла >70 % (от 37 до 249 мг/кг) для HWC и 80 % для CWC (от 21 до 106 мг/кг).

Фракции РОХС достаточно хорошо коррелируют в линейной модели при  $r^2=0.34$  с величиной содержания  $f.POM < 1.6 \text{ г/см}^3$ , а также с величиной ROC при  $r^2=0.47$

Для избавления от мультиколлинеарности была произведена замена переменных путем применения метода главных компонент и построена «РСА» модель. На графиках распределения, переменная, характеризующая содержание углерода фракции РОХС, в большинстве случаев попадала в диапазон охвата данных переменной углерода фракции  $ROC < 0.25$ , но в то же время совершенно не попадала в диапазон охвата данных по CWC и HWC, что может свидетельствовать о том, что фракции CWC и HWC в основном охватывают и содержат в себе другую информацию, в большей степени связанную с более тонкими изменениями в системе почвенного органического вещества, что также не раз подтверждалась в работах других авторов [4], а перманганатный метод наряду с традиционным для нашей страны бихроматным может работать как альтернатива в рамках оценки гумусового состояния почв в агроландшафтах. Данный вопрос требует проведения дальнейших ис-

следований, в особенности определения зональных ограничений в использовании данного метода на территории нашей страны, однако, в рамках исследуемых объектов на территории Краснодарского края выявлено, что метод достаточно хорошо работает и в силу хорошей воспроизводимости результатов, а также относительной простоты может быть использован для оценки свойств почв данной территории.

#### Литература

1. *Culman Steve* et al ... 2012. Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that is Sensitive to Management. *Soil Science Society of America Journal*. 76. 494–504. 10.2136/sssaj.2011.0286.

2. *Culman Steve, Freeman M., Snapp S.* 2012. Procedure for determination of permanganate oxidizable carbon. Kellogg Biological Station, Michigan State University, Hickory Corners, MI 49060. Found at <http://lter.kbs.msu.edu/protocols/133>.

3. *Bettina J., Yamashita T., Ludwig B., Flessa H.* Storage of Organic Carbon in Aggregate and Density Fractions of Silty Soils Under Different Types of Land Use. *Geoderma*. 128. 2005. 63–79. DOI:10.1016/j.geoderma.2004.12.013.

4. *Akinsete S.J., Nortcliff S.* Storage of Total and Labile Soil Carbon Fractions Under Different Land-Use Types: A Laboratory Incubation Study. In: Hartemink A., McSweeney K. (eds) *Soil Carbon. Progress in Soil Science*. Springer, Cham. 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-04084-4\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-04084-4_21)

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. О.Е. Ефимовым.

УДК 631.41

#### ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРМИКОМПОСТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ИЛОВ СТОЧНЫХ ВОД

Е.В. Сазанова, Г.Д. Холостов

Санкт-Петербургский государственный университет  
[katya97vs@yandex.ru](mailto:katya97vs@yandex.ru), [Kholostov14@mail.ru](mailto:Kholostov14@mail.ru)

The publication was devoted to estimation of organic matter qualitative composition of vermicomposts obtained from sewage sludge by chemodestructive fractionation. Based on the results of chemodestructive fractionation, the following were calculated: information entropy and wurf.

Один из путей восстановления почвенного плодородия – вермикультивирование, которое позволяет решить две важные (собственно

экологические) проблемы, первая из которых связана с утилизацией органических отходов хозяйственной деятельности человека (например, осадков сточных вод), а вторая – с получением вермикомпостов. Последние являются хорошими органическими мелиорантами с выраженными удобрительными свойствами.

Для характеристики органических мелиорантов большое значение имеет не только общее содержание органического вещества, но и его качественный состав, который представляет собой сложный комплекс органических веществ, имеющих неодинаковую устойчивость к окислению (Jenkinson, Rayner, 1977; Beyer, 1996). Содержание лабильных и стабильных форм органического вещества мелиорантов является важной их характеристикой, позволяющей установить направленность их трансформации во времени.

Цель публикации – охарактеризовать качественный состав органического вещества субстратов на основе илов осадков сточных вод и вермикомпостов, полученных из этих субстратов, на основе определения лабильных и стабильных форм органического вещества.

В качестве объектов исследования были выбраны: смесь ила сточных вод и торфа в соотношении 1:1 (субстрат А), полученные при помощи вермикультур *Dendrobena veneta* и *Eisenia foetida* вермикомпосты из данного субстрата соответственно (А-I, А-II), ил осадков сточных вод (субстрат Б), полученные при помощи вермикультуры *Eisenia foetida* вермикомпосты из данного субстрата (Б-I, Б-II).

Для определения содержания различных по устойчивости к действию окислителя компонентов органического вещества объектов исследования нами был использован метод хемодеструкционного фракционирования (ХДФ), который основан на измерении разных фракций органического вещества, различающихся по устойчивости к действию окислителя (Попов, Цыпленков, 1994). На основании определения оптической плотности рассчитывались: восстанавливающая способность органического материала, содержание легко-, средне- и трудноокисляемых фракций, а также информационная энтропия ( $H_0$ ) Шеннона (Shannon, 1948) и вурф (W) (Петухов, 1988).

В результате хемодеструкционного фракционирования органической составляющей субстратов и вермикомпостов было выявлено, что восстанавливающая способность органического материала обоих субстратов была существенно ниже таковой вермикомпостов, полученных из них. Данный факт может объясняться возросшей при вермикультивировании микробиологической активностью. В вермикомпостах А-I и А-II по сравнению с субстратом А было значимо больше легко- и труд-

ноокисляемого органического материала и меньше среднеокисляемого. По всей видимости, это может быть связано с особенностями вермикультивирования субстрата, состоящего из смеси илов сточных вод и торфа. Значения вурфа и информационной энтропии, отражающие некую общность трехчленных соотношений, в вермикомпостах А-I и А-II были равновелики, что может свидетельствовать об одинаковости процессов трансформации органического материала. При сравнении результатов ХДФ органической составляющей субстрата Б и вермикомпостов, полученных на его основе (Б-I и Б-II), было выявлено, что содержание легко- и трудноокисляемых фракций между собой значительно ( $P \leq 0.05$ ) не различалось, основные различия пришлось на среднеокисляемую фракцию. В этом случае разное содержание в исследуемых объектах среднеокисляемой фракции, очевидно, являлось отражением динамического процесса преобразования органического вещества во время вермикомпостирования. Следует отметить, что между величинами  $H_0$  и  $W$  выявлена обратная тесная существенная ( $P \leq 0.05$ ) взаимосвязь ( $r = -0.94$ ). По нашему мнению, для характеристики пропорциональности между тремя показателями можно использовать эти показатели.

Работа выполнена при поддержке средств Научного Центра мирового уровня «Агротехнологии будущего», 2020–2025. Договор с Министерством науки и высшего образования № 075-15-2020-922.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. А.И. Поповым.

УДК 631.416

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА  
В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЧВАХ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ АССОЦИАЦИЙ  
Н.В. Сальник

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, salnik@sfedu.ru

The article deals with the content and distribution of microelements in the profile of native soils of the Rostov agglomeration under different types of woody plant communities. Calcic Chernozems (Pachic) under natural steppe vegetation and their analogues under artificial tree formations were studied.

Ростовская область расположена в степной зоне и является наиболее трансформированным типом зональных ландшафтов Северной Евразии. Для создания микроклимата в данной зоне создаются массивы дре-

весных насаждений, которые могут рассматриваться как антропогенное воздействие на почвы городской среды. Посадка нетипичных для степи древесных растений сопровождается рядом изменений. В поверхностных горизонтах этих почв по мере роста и развития древесных растений начинает формироваться лесная подстилка, которая представляет собой депо для накопления атмосферной пыли и содержащихся в ней тяжелых металлов. Целью данной работы была оценка изменения микроэлементного состава отдельных горизонтов черноземов миграционно-сегрегационных под влиянием древесных растительных ассоциаций, как с доминированием широколиственных, так и хвойных видов.

Изучены черноземы миграционно-сегрегационные парково-рекреационных зон города. В качестве объекта сравнения была выбрана площадка на территории старозалежного участка Ботанического сада ЮФУ с естественной для степной зоны типчаково-разнотравной растительностью.

Почвы парково-рекреационных зон испытывают воздействие древесной растительности, несвойственное им по генезису. Однако распределение микроэлементов на этих территориях аналогично черноземам залежных участков, занятых разнотравно-злаковыми растительными ассоциациями. Независимо от типа растительного сообщества соединения меди в почвенном профиле характеризуются большей подвижностью, что приводит к накоплению данного элемента в средней части профиля на уровне карбонатного барьера (Лесопарки –  $32-37 \pm 3.32$  мг/кг, залежный участок –  $28-31 \pm 3.17$  мг/кг). Никелю присуще плавное снижение содержания вниз по почвенному профилю в узком диапазоне величин (Лесопарки –  $51-53 \pm 2.52$  мг/кг, залежный участок –  $42-47 \pm 2.62$  мг/кг). Содержание цинка имеет тенденцию к увеличению концентраций в дерновом и гумусово-аккумулятивном горизонтах (Лесопарки –  $81.84$  мг/кг, залежный участок –  $94.30$  мг/кг). Для свинца характерен разброс концентраций в пределах почвенного профиля с минимальными значениями в центральной его части и максимумом в поверхностном слое.

Таким образом, распределение тяжелых металлов в профиле городских почв естественного сложения зависит от миграционной способности отдельного металла, его сродства к органическим или неорганическим формам углерода, а также от изменений типа водного режима в сторону нисходящих токов влаги в связи со сменой доминирующих растительных сообществ.

Работа рекомендована д.б.н., проф. каф. ботаники ЮФУ С.Н. Горбовым.



РОЛЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ  
В ПРОЦЕССАХ НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ  
ФОРМ УГЛЕРОДА НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

П.Н. Скрипников

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, skripnikov@sfedu.ru

Distinctive features of the forest park soils, in comparison with soils under the typical of the steppe zone vegetation, include an increase in the thickness of the humus-accumulative layer by an average of 15–20 cm, a marked agronomically valuable structure in the sod horizon, an increase in the content of organic matter in the surface horizon, a decrease in the soil effervescence depth, erosion of carbonate concretions and the presence of a white-eye at the bottom of the profile.

Исследования проведены на черноземах миграционно-сегрегационных 22 мониторинговых площадок лесозащитного пояса Ростовской агломерации (Ростов-на-Дону, Аксай и Батайск). В качестве объекта сравнения выступали почвы экспозиции Ботанического сада ЮФУ «Приазовская степь», представляющей собой 40-летнюю старую залежь с искусственно воссозданной типчаково-разнотравной растительностью.

К отличительным чертам почв лесопарков, по сравнению с почвами под типичной для степной зоны растительностью, относятся: увеличение мощности гумусово-аккумулятивной толщи (в среднем на 15–20 см), выраженная агрономически ценная структура в дерновом горизонте, понижение глубины вскипания, размытость карбонатных стяжений и наличие рыхлой белоглазки в нижней части профиля. В поверхностных гумусово-аккумулятивных горизонтах 0–10 см черноземов под древесной растительностью наблюдается статистически достоверное (U-критерий,  $p < 0.01$ ) увеличение содержания органического углерода относительно объекта сравнения (старой залежи с типчаково-разнотравной растительностью). В почвах лесопарковой зоны в среднем содержание  $S_{орг}$  составляет 4.13 % с колебаниями от 2.67 до 5.72 %. Для почв целинного участка – 2.35 % с колебаниями от 2.13 до 2.65 %. Однако, от горизонта А (10–55 см вниз по почвенному профилю наблюдается схожая картина распределения общего органического углерода на всех изученных участках. Содержание неорганического углерода в поверхностном горизонте имеет наибольшие значения в черноземе старозалежного участка. Его средняя величина составляет 0.36 %, что значи-

тельно превышает его содержание во всех изученных почвах под древесной растительностью. Для черноземов под степной травянистой растительностью характерно вскипание с поверхности почвы, образования карбонатной плесени с 30, а белоглазки с 70 см. В то время как карбонатные прожилки и плесень в черноземах лесопарков либо отсутствуют, либо наблюдаются с 78–90 см. Рыхлая белоглазка встречается в среднем на глубине 110 см. Таким образом, в черноземах лесопарков наблюдается явление вторичного выщелачивания карбонатов за счет преобладающих нисходящих токов влаги, вследствие изменения микроклиматических условий и температурно-гидрологического режима.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–34–90085.

Работа рекомендована д.б.н., проф. каф. ботаники ЮФУ С.Н. Горбовым.

УДК 631.10

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ  
СЕРЫХ ЛЕСНЫХ И ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ  
НА ПРИМЕРЕ ВЫСОКОГОРСКОГО РАЙОНА  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

П.Д. Скурихина

Казанский федеральный университет, cool.skur2013@yandex.ru

The key object of the article is different types of soils: gray forest soil and sod-carbonate soil.

The important physico-chemical soil properties are researched here like a cation exchange capacity, acidity, calcium and magnesium cations content, humus content. The Field experiments were held in Vysokogorsky district, the Republic of Tatarstan.

Анализ физико-химических свойств почв- неотъемлемая часть характеристики почвенного покрова местности. К физико-химическим свойствам можно отнести следующие, исследованные нами качества: емкость катионного обмена, кислотность, содержание гумуса в изучаемых почвах.

Основным объектом для изучения являются почвы двух типов: дерново-карбонатная и серая лесная. Местом для проведения полевых работ явился Высокогорский район Республики Татарстан. Почвообра-

зующие породы данной местности – известняки и доломиты, что обуславливает формирование карбонатных и остаточных карбонатных почв различных типов. Исследуемый участок относится к землям, которые имеют сельскохозяйственное назначение, поэтому в изучаемых почвах можно выделить пахотный горизонт, который свидетельствует о сильной антропогенной нагрузке на данную территорию и позволяет классифицировать эти почвы как пахотные: пахотная дерново-карбонатная и пахотная серая лесная.

Проведенная сравнительная характеристика пахотных и целинных почв позволяет оценить рациональность их использования, сделать соответствующие выводы о состоянии почвы.

Оценивая такие свойства как кислотность и содержание гумуса, можно констатировать, что изменения кислотности в гумусо-аккумулятивном горизонте пахотной дерново-карбонатной почвы (рН 7.8) относительно целинной дерново-карбонатной (рН 7.5) можно считать незначительными. В пахотной серой лесной почве, вследствие окультуривания, произошли заметные изменения кислотности гумусо-аккумулятивного горизонта относительно целинного аналога – нейтральная (рН 7.8) и слабокислая (рН 6.5), соответственно. Было также установлено снижение содержания гумуса: в пахотной дерново-карбонатной почве содержание гумуса – 4.35 %, в целинной оно варьирует от 5–7 %, а в пахотной серой лесной – 2.14 %, в целинной – 3.5–4 %. Следует отметить, что данные о целинных образцах базируются на литературных источниках. Показатели емкости поглощения в пахотной дерново-карбонатной почве можно оценить как очень высокие (среднее значение ЕКО составляет 60 м.-экв/100 г почвы), что соответствует данному типу, значение этого показателя в пахотной серой лесной почве можно классифицировать как очень высокие (среднее значение ЕКО составляет 46 м.-экв/100 г почвы), что также присуще и этому типу.

Основываясь на сравнительном анализе пахотных и целинных почв можно сделать вывод, что почвы возделывались иррационально, это в дальнейшем может привести к их деградации.

Работа рекомендована к.с.-х.н., старшим преподавателем Л.Ю. Рыжих.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВЫ  
ДЛЯ РАСЧЕТА ПРЕЦИЗИОННЫХ НОРМ ОРОШЕНИЯ

Н.С. Смирнов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
smirnovtirenik1998@gmail.com

Application of irrigation rates, calculated using the proposed function, prevents the loss of irrigation water associated with «traditional» farming technologies.

Актуальность исследования обусловлена востребованностью методов расчета точных норм орошения [1–5]. Цель исследования – верификация функции водоудерживающей способности почвы (ФВСП) по данным о гидрофизических показателях почвы [6–8]. Указанная цель достигается решением следующих задач: 1) измерение гистерезиса водоудерживающей способности почвы [9]; 2) верификация ФВСП и ее сравнение с мировыми аналогами с использованием компьютерной программы SOILHYSTERESIS-V.1.0 [10].

*Результаты.* Выполнены измерения ряда физических показателей чернозема южного слабогумусированного на лессовидных породах. Образцы почвы отобраны на поле ФГБУН «НИИСХ Крыма» Красногвардейского района Республики Крым (45°32'17.92"С 34°11'42.33"В) 16.04.2021 г. (трехкратная повторность; слои: 10–20 см, 30–40 см, 40–50 см и 70–80 см). С использованием предложенной ФВСП построены сканирующие ветви гистерезиса и вычислены точные нормы орошения.

*Выводы.* Применение норм орошения, вычисленных с использованием ФВСП, позволяет предотвратить потери поливной воды, сопутствующие «традиционным» технологиями ирригационного земледелия.

Литература

1. Терлеев В.В. Информационная поддержка модели влагопереноса в почве. Депонированная рукопись № RU94001479 15.12.1988.

2. Малик А.А., Банкин М.П., Терлеев В.В. Расчет водоудерживающей способности почвы с использованием агрогидрологических констант. Депонированная рукопись № RU94001487 19.01.1994.

3. Банкин М.П., Заславский Б.Г., Терлеев В.В. Автоматизированная система определения влагопроводности почв // НТБ по агрономической физике. 1988. Т. 72. С. 33–36.

4. *Арефьев Н.В., Венкель К.О., Мишель В., Баденко В.Л., Терлеев В.В., Волкова Ю.В.* Комплексная оценка агромелиоративных систем для планирования их реконструкции // В сб. «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата». Санкт-Петербург, 2012. С. 468–472.

5. *Арефьев Н.В., Баденко В.Л., Волкова Ю.В., Терлеев В.В.* Планирование инвестиций в строительство и реконструкцию мелиоративных систем // Природообустройство. 2013. № 3. С. 32–37.

6. *Терлеев В.В.* Моделирование водоудерживающей способности почв как капиллярно-пористых тел. Учебно-методическое пособие / Санкт-Петербург, 2000.

7. *Крылова И.Ю., Терлеев В.В.* Моделирование гидрологических характеристик почвы // В сб. XXXVII Неделя науки СПбГПУ. 2008. С. 277–279.

8. *Заславский Б.Г., Опарина И.В., Терлеев В.В.* Диалоговая система формирования банка гидрофизических характеристик почв // Доклады ВАСХНИЛ. 1988. № 11. С. 40–42.

9. *Терлеев В.В., Топаж А.Г., Мишель В., Гурин П.Д.* Моделирование главных ветвей иссушения и увлажнения петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // Агрофизика. 2013. № 1. С. 22–29.

10. *Терлеев В.В., Топаж А.Г., Гурин П.Д.* Программа «Hysteresis» для расчета сорбционных и десорбционных ветвей петли гистерезиса водоудерживающей способности почвы // В сб. «Материалы науч. сессии АФИ РАСХН». 2013. С. 161–166.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. В.В. Терлеевым.

УДК 631.4:631

## ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПОЯСОВ ГОРОДОВ ТАЛДЫКУРГАН И ПАВЛОДАР

Е.Е. Сонгулов

Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова

Казахский национальный аграрный университет, Казахстан, Алматы  
songuloversultan@gmail.com

The conducted research will allow to create a soil-information system of pasture lands (food belt of Taldykorgan and Pavlodar cities), to develop methods of restoration of pasture lands of the studied regions for further development of animal husbandry.

Основными направлениями экономического и социального развития Казахстана на период до 2050 года определены главные задачи агропромышленного комплекса – достижение устойчивого роста сельскохозяйственного производства, надежное обеспечение страны продуктами питания и сельскохозяйственным сырьем. В этом плане важное место отводится плодородию земель сельскохозяйственного назначения.

При выполнении программы использовался комплексный системный подход с использованием следующих методов исследований. В исследовании почв, растений применялись полевые, опытно-полевые, картографические, лабораторно-аналитические методы исследований.

При составлении почвенной карты, наряду с топографическими и почвенными картами использовались среднемасштабные спектрозональные космические снимки типа Landsat. Работы, связанные с масштабированием картографических материалов и космоснимков, дешифрованием космоснимков, составлением красочного макета карты проводились в программе MapInfo Pro. Дистанционный (космический) метод, где используются современные высокотехнологичные методы цифрового картографирования почв, наряду с традиционными наземными методами съемки почв отличается высоким научно-техническим уровнем.

В соответствии с календарным планом проведено дешифрирование космических снимков, выделены предварительные почвенные контуры. Создана структура базы почвенных данных в формате Excel, которая содержит основные химические и физико-химические свойства почв – гумус, валовой азот, CO<sub>2</sub>, поглощенные Ca, Mg, Na, K, питательные элементы (N, P, K), количество и состав солей, механический состав почвы.

Для изучения морфологических, химических, физических и физико-химических свойств почв и составления почвенных карт для продовольственных поясов Талдыкоргана, Павлодара в 2021 году были проведены полевые почвенные исследования с заложением разрезов и отбором образцов. Всего было заложено 28 почвенных разрезов (114 образцов) на Талдыкорганском массиве и 28 разрезов (133 образца) на Павлодарском массиве. Изучено морфологическое строение почв продовольственных поясов Талдыкургана и Павлодара.

Для этого, при заложении почвенных разрезов выделялись генетические горизонты в профиле почв, по ним производилось детальное описание морфологических свойств почв (цвет, влажность, уплотнение, наличие корешков, структура почвы, полевое определение механического состава, наличие карбонатных и солевых новообразований).

Работа рекомендована к.б.н. К.М. Пачикиным, к.с.-х.н. Т.Р. Рыспековым.

УДК 631.43

ВЕРИФИКАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИ ОБОСНОВАННОЙ  
АГРОЛАНДШАФТНОЙ МОДЕЛИ SWAT  
(SOIL&WATER ASSESSMENT TOOL)

(НА ПРИМЕРЕ СТАЦИОНАРА ВНИИМЗ, ТВЕРСКАЯ ОБЛ.)

Д.Ю. Усенко

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
факультет почвоведения, Москва, Россия  
d.usenko@hotmail.com

Soils act as a significant part of landscapes. Landscape modeling is important and underdeveloped. SWAT model is a tool used to model hydrology and other properties in soils and landscapes of Emmaus, Tver Oblast, considering it's unique geology and land use.

Физика почв и гидрология – тесно связанные между собой научные направления. Это произошло из-за того, что и физика почв, и гидрология изучают схожие явления – движение воды в ландшафте. Гидрология представляет собой более общее направление и описывает движение воды в целом; физика почв концентрируется на внутрпочвенных процессах перемещения влаги. Таким образом, гидрологическое описание ландшафта невозможно без привлечения физики почв.

Разумеется, гидрология сформировалась значительно раньше, чем почвоведение, тем более чем физика почв. Однако с развитием этих направлений появлялось понимание различных аспектов, связанных с водой в дисперсных системах – почвах и грунтах. Так, стали применяться термины «влажность дисперсного тела», «запасы влаги». Позже уже в отечественной почвенной гидрологии появились различные категории, которым соответствовали определенные константы: наименьшая влагоемкость, влажность завядания, другие. Такие константы позволяли определить количество и тип воды в почве, ее доступность для растений [1].

Сейчас очевидно, что большинство гидрологических процессов в почвах могут быть описаны разнообразными количественными уравнениями. Это касается таких почвенных свойств, явлений и характеристик, как ОГХ (основная гидрофизическая характеристика), фильтрация, влагопроводность, перенос растворенных веществ. Расчет подобных функций привел к становлению математического моделирования движения влаги в почве.

Учет подобных особенностей почвенной гидрологии необходим для построения комплексной ландшафтной гидрологической модели.

Пример комплексной модели, которая на настоящем этапе практически не используется в России – модель SWAT (Soil&Water Assessment Tool) [2]. Эта модель объединяет в себе данные о почвенном покрове территории, ее рельефе, климате и землепользовании.

На основе цифровой модели рельефа, почвенной карты, карты землепользования модель делит территорию на небольшие однородные элементы (HRU – Hydrologic Response Units), в пределах которых производится последовательное вычисление состояния влаги в почвах, поверхностных и внутрпочвенных потоков, переноса вещества в пределах почвенного профиля, а также выноса веществ, в том числе и пестицидов, в грунтовые воды и далее в локальные базисы эрозии.

В основе «почвенного» блока модели лежат данные о гранулометрическом составе почвы, ее эрозионной устойчивости, коэффициент насыщенной проводимости – та информация о строении почвы, которую несложно получить лабораторным методом. На основе эмпирических зависимостей рассчитывается баланс влаги в каждом почвенном слое. Учитываются эвапотранспирация, атмосферные явления.

Такая модель позволяет со значительной достоверностью предсказать как локальные изменения в почвенном стоке, стоке грунтовых вод, так и более глобальные показатели – например, масштабы эрозии почвы и выноса загрязнителей за пределы почвенного профиля.

Предлагается верификация модели на данных о территории опытного поля ВНИИМЗ в Тверской области. Подстилающие породы на исследуемой территории двучленны: покровные суглинки подстилаются мореной. Почвы дерново-подзолистые различной степени оподзоленности и оглеения. Свойства почв закономерно изменяются в связи с расположением в пространстве. На территории можно выделить несколько микроландшафтов [3].

#### Литература

1. *Шейн Е.В.* Курс физики почв: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.
2. *Отчет о научно-исследовательской работе* – Г.Ю. Рабинович, Д.А. Иванов, Тверь 2017.
3. *Neitsch S., Arnold J., Kiniry J., Williams J.R., King K.* SWAT theoretical documentation. Grassland. 494. 2005. 234–235.

Работа рекомендована проф., д.б.н. Е.В. Шеиним.



ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ  
МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В ПРОФИЛЕ ПОДКУРГАННОГО  
ЧЕРНОЗЕМА ЭПОХИ БРОНЗЫ И СОВРЕМЕННОГО  
ФОНОВОГО ЧЕРНОЗЕМА

Д.А. Юршенас, Н.Н. Каширская

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
РАН – обособленное подразделение Федерального Исследовательского  
Центра «Пушкинский Научный Центр Биологических Исследований  
Российской Академии Наук», [dasha\\_ometova@mail.ru](mailto:dasha_ometova@mail.ru)

The study of the chernozem buried under the kurgan «Filonovsky» in the Boguchar region around 2000–1800 BC showed a high contribution of microorganisms capable to decomposing of plant residues to the microbial community.

В настоящее время сохраняют свою актуальность исследования вековой динамики климата на основании изучения свойств разновозрастных палеопочв, погребенных под курганами (Сверчкова, Хохлова, 2021). Объектом нашего исследования была палеопочва, погребенная под насыпью Филоновского кургана в Богучарском районе Воронежской области, в зоне распространения южных черноземов. Сооружение центральной части курганной насыпи относится к периоду средней и поздней бронзы (~4000–3800 лет назад). В качестве контроля был исследован профиль современной фоновой почвы. Для оценки эколого-трофической структуры микробных сообществ использовался метод посева на твердые питательные среды (Демкина и др., 2004). Учет олиготрофных микроорганизмов проводился на почвенном агаре (ПА). Численность микроорганизмов, использующих в качестве источника питания растительные остатки, учитывалась на богатой органической среде (БС).

В верхней части профиля общая численность КОЕ микроорганизмов, растущих на ПА, снижалась в обеих почвах с глубиной. При этом доля актиномицетов под курганом была в 7–30 раз выше, чем в фоновой почве, и с глубиной увеличивалась. Центральная часть профиля подкурганной палеопочвы характеризовалась меньшей – по сравнению с фоновым уровнем – численностью олиготрофных микроорганизмов. На глубине 130–140 см значения этого показателя резко снижались в обеих почвах, а в слое 140–150 см они снова возрастали до 3–5 млн КОЕ/г, причем более заметный пик численности был отмечен в почве под курганом. В фоновой почве слой 140–150 см характеризовался пре-

обладанием актиномицетов. Численность бактерий, растущих на богатой среде, в верхней части профиля фоновой почвы была в 2–4 раза больше, чем в почве под курганом. В нижней половине почвенного профиля под курганом численность бактерий, растущих на БС, по сравнению с фоном увеличивалась, а доля микроорганизмов, растущих на этой среде, в ряде случаев существенно превышала фоновый уровень.

По результатам, полученным нами ранее для светло-каштановых почв, максимальные значения доли микроорганизмов, растущих на богатой среде (33–39 %) были выявлены в палеопочве под курганом Лолинской культуры, погребенной ~4100–4000 лет назад (Khomutova et al., 2019). В эродированных каштановидных почвах эпохи средней и поздней бронзы (~4300–3500 лет назад) доля растущих на БС микроорганизмов в подзоне каштановых почв достигала 35 % (Демкина и др., 2017). Высокая доля численности микроорганизмов, способных использовать в качестве источника питания растительные остатки, может указывать на высокие нормы осадков в весенне-летние периоды эпохи средней бронзы. Чем больше осадков выпадает в течение вегетационного периода, тем больше растительных остатков поступает в почву, вызывая увеличение биомассы микроорганизмов, способных к их разложению (Khomutova et al., 2019).

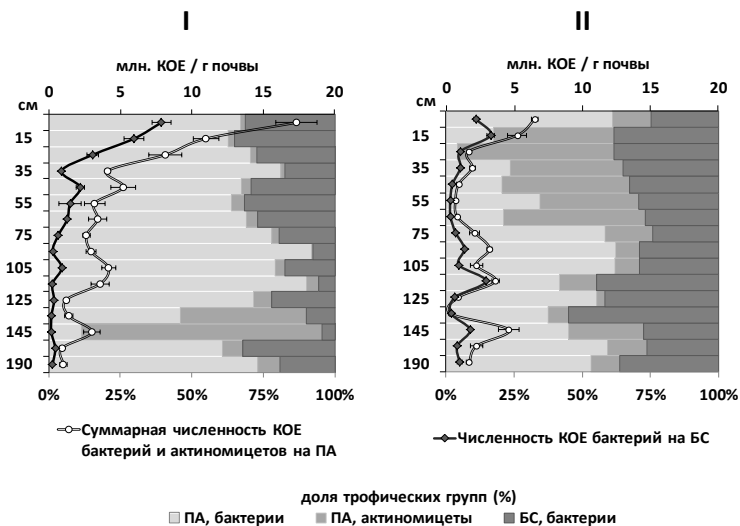


Рисунок. Численность и соотношение микроорганизмов различных трофических групп в современном южном черноземе (I) и черноземной палеопочве, погребенной под Филоновским курганом (II).

## Литература

1. Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А. Микробиологические исследования подкурганых палеопочв пустынно-степной зоны Волго-Донского междуречья // Почвоведение. 2004. № 7. С. 853–859.

2. Демкина Т.С., Борисов А.В., Демкин В.А., Хомутова Т.Э., Кузнецова Т.В., Ельцов М.В., Удальцов С.Н. Палеоэкологический кризис в степях Нижнего Поволжья в эпоху средней бронзы (рубеж III–II тыс. до н. э.) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 799–813.

3. Сверчкова А.Э., Хохлова О.С. Эволюция почв и ландшафтно-климатические изменения в эпоху бронзы для степи Кубано-Приазовской равнины на основе изучения крупного кургана // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2021. Т. 85. № 1. – С. 70–83.

4. Khomutova T.E., Kashirskaya N.N., Demkina T.S., Kuznetsova T.V., Fornasier F., Shishlina N.I., Borisov A.V. Precipitation pattern during warm and cold periods in the Bronze Age (around 4.5–3.8 ka BP) in the desert steppes of Russia: Soil-microbiological approach for palaeoenvironmental reconstruction // Quaternary International. 2019. Т. 507. С. 84–94

Исследования выполнены в рамках Госзадания № 0191-2019-0046.

Работа рекомендована к.б.н. А.В. Борисовым.



## Секция IV

*Здоровая почва – здоровая нация*

# HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT BASED ON BAP BIOACCESSIBILITY IN INDUSTRIALLY-POLLUTED SOILS

Hao Wang

China, Jilin University  
wh20@mails.jlu.edu.cn

Persistent organic pollutants can cause hazard to human health. This paper attempts to investigate the in vitro bioaccessibility of Benzoapyrene-contaminated soils in an old industrial area by applying Simplified Bioaccessibility Extraction Test (SBET) and assess human health risk based on the bioaccessibility and the total concentration of BaP. Objects of investigate were Phaeozems and Chernozems [1]. The bioaccessibility values of BaP were less than 20 % with a great variation among different samples. The bio-accessible concentration of BaP was negatively correlated with the total concentration, contents of CEC in soils. The particle sizes also affected bioaccessible concentration. The smaller the soil particle size is, the higher the bioaccessibility is. The BaP bioaccessibility-based health risk assessment shows that the hazard quotient (HQ) values of BaP are lower than safe level (=1) for adults and children, but the HQ values for children are higher than adults, implying that BaP pollution is more harmful to children. The assessment of bioaccessibility-based health risk can identify real hazard level and avoid excessive site remediation of soils contaminated with BaP.

## Literature

1. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps // Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014. P. 181.

The paper is recommended by Doctor, professor Qingchun Yang.

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМКИ СОРТА СОИ «ОРЗУ»  
ЦИНКОМ И БОРОМ НА ОСТАТОЧНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ  
ЭТИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

И.И. Абитов, З.Б. Таджибаева

Научно-исследовательский институт селекции, семеноводства и  
агротехнологии выращивания хлопка

Ташкентский государственный педагогический университет им. Низами  
abitov\_ilnur@mail.ru

The article is devoted to the study of the effect of trace elements on soil fertility when sowing the soybean variety «Orzu» in crop crops after grain crops in conditions of typical gray-earth soils of the Tashkent region.

Научные исследования были проведены в 2020 году на опытном поле научно-исследовательского института селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка. Химический состав почвы опытного поля (горизонты 0–30 и 30–50 см): содержание гумуса 0.862–0.592 %; содержание общего азота 0.128–0.065 %; содержание общего фосфора 0.182–0.112 %.

Почва склонна к эрозии, отличается хорошей водопроницаемостью с высокой капиллярностью. Опыт проводился в полевых условиях и состоял из 8 вариантов и 3 повторностей. Площадь каждого варианта 84 м<sup>2</sup> (длина – 30 м, ширина – 2.8 м). Количество растений на делянку 25 штук. Схема посадки сои (сорт «Орзу»): 70×2.5-1 см; глубина 3–5 см; норма высева 550 тыс. шт./га. Норма одного полива 700–800 м<sup>3</sup>/га. Посев проводили 2 июля. Перед посевом подкармливали 100 кг/га азотом, 100 кг/га фосфором и 150 кг/га калием. Остальную подкормку минеральными удобрениями внесли в фазе бутонизации 25 кг/га азота, 25 кг/га фосфора и 50 кг/га калия. На каждой делянке вносили микроэлементы: цинк 0.5–1.0 кг/га и бор 0.2–0.6 кг/га. Растения опрыскивали вручную с помощью специального опрыскивателя в фазе ветвления и цветения вечером прохладное время суток.

Результаты исследования. Сорт сои «Орзу» в качестве поживной культуры выращивали в опытном хозяйстве НИИССиАВХ Окковок в Ташкентской области. Под влиянием нормы микроэлементов было отмечено, что остаточные количества микроэлементов влияют на структуру типичной почвы. До посева и после уборки урожая отбирали образцы из почвенных горизонтов 0–30 см и 30–50 см. До посева во всех вариантах остаточное содержание цинка составило 4.9 мг/кг, а бора 0.13 мг/кг.

После уборки урожая было отмечено, на контрольном (без микроэлементов) варианте, в горизонте почвы 0–30 остаточное содержание микроэлемента бора уменьшилось на 0.14 мг/кг, а в горизонте почвы 30–50 на 0.06 мг/га. При внесении бора от 0.2 до 0.6 кг/га в фазе ветвления, остаточное его количество составило 0.23–0.35 мг/кг в горизонте почвы 0–30 см, и 0.20–0.33 мг/кг в горизонте почвы 30–50 см.

Было определено что по сравнению с контролем (без микроэлементов), в фазе ветвления и цветения, в вариантах с внесением бора и цинка от 0.4 до 0.7 кг/га, остаточное количество микроэлемента бора увеличилось на 0.17 мг/га в горизонтах почвы 0–30 и 30–50 см.

Выводы. Наблюдалось повышенное остаточное содержание тяжелых металлов и микроэлементов в горизонтах почвы 0–30 и 30–50 см в вариантах с применением микроэлемента бора 0.6 кг/га и цинка 1.0 кг/га.

УДК 631.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫХ ПОТОКОВ ВЛАГИ  
НА ПРИМЕРЕ ПАХОТНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ  
СОЛНЕЧНОГОРСКОГО РАЙОНА НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛИГОНА  
УОПЭЦ «ЧАШНИКОВО»

Д.Д. Барбашин, А.С. Кузнецова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
kuzalisa2000@yandex.ru

The paper describes a research about preferential flows in agro soil. The purpose of the article is to find and analyze connection between location of flows, soil's solidity and moisture. There were used methods of statistical analysis and mapping. Authors also described the physical properties of the soil. The results show that preferential flows are located in places with low solidity, which does not depend on the moisture.

Преимущественные потоки влаги – это локальные токи воды, поступающие с поверхности в почву, которые формируются под действием гравитации и обусловлены пространственной неоднородностью почвенных свойств. Они транспортируют на различные глубины почвенного профиля множество веществ и распределяют их неравномерно. Умение прогнозировать и оценивать этот процесс важно для сельского хозяйства (при внесении в почву удобрений, пестицидов и т.д.) и экологии (например, при попадании загрязнителей в почву). Следовательно,



необходимо продолжать накапливать базу данных, строить более точную теорию и модели, предсказывающие поведение преимущественных потоков (далее ПП).

Цель работы – исследование ПП влаги дерново-подзолистой пахотной почвы на территории полигона УОПЭЦ «Чашниково». Задачами явились описание и картирование ПП, исследование взаимосвязи их расположения и твердости почвы, изучение пространственной динамики влажности и прочих физических свойств экспериментального участка.

Опыт проводился на дерново-подзолистой дерново-слабоподзолистой глубокопахотной почве на покровных суглинках на Московской морене (Классификация и диагностика почв СССР, 1977). Измерения сопротивления расклиниванию почвы показали, что твердость увеличивается вниз по профилю, на площадке глубиной 30 см обнаружено уплотнение – плужная подошва. Коэффициент фильтрации равен 67.8 см/сут. и характеризуется по Эггельсманну как высокий.

ПП были исследованы после фильтрационного эксперимента, проводимого методом малых заливаемых площадей. По насыщении почвы влагой, в учетную раму был залит краситель «бриллиантовый синий» E133, а спустя сутки вскрыты и изучены четыре площадки с его пятнами на глубинах 10, 20, 30 и 40 см. На каждой площадке разбивалась регулярная сетка (50×50 см, с шагом 5 см), в ячейках которой измерялось сопротивление почвы расклиниванию твердомером Качинского и отбирались образцы на влажность из окрашенных пятен и вне их. На основе полученных данных с помощью программы Golden Software Surfer были построены изоплеты распределения твердости почвы с наложением на нее зон ПП и проведена статистическая обработка измерений в программе MS Excel.

Анализ результатов показал, что окрашенные пятна почвы приурочены к участкам с меньшей твердостью, но зависимости от влажности не наблюдается. Формирование ПП обнаруживается с глубины 20 см по наличию отдельных синих пятен. По мере углубления их площадь уменьшается, а связь локации ПП и твердости становится заметнее.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. Е.В. Фаустовой.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ АРКТИЧЕСКИХ  
ОСТРОВОВ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА

А.А. Бобрик

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
ann-bobrik@yandex.ru

In the course of studies carried out in June 2021 on typical sites of the ecosystems of the Arctic desert on the Heiss Island and Hooker Island (arch. Franz Josef Land), monitoring sites were laid, the biological activity of soils and the peculiarities of their functioning were evaluated, soil samples were taken for laboratory studies.

Актуальность научной проблемы, на решение которой направлено исследование, обусловлена наблюдаемыми в настоящее время изменениями арктических экосистем на всех уровнях организации, возникающими в связи с изменяющимися климатическими параметрами, усиливающейся антропогенной нагрузкой и возможной деградацией многолетней мерзлоты. Экосистемы Арктики, в свою очередь, меняясь, могут оказывать существенное влияние на природное равновесие, например, за счет изменения параметров углеродного баланса. Ключом к пониманию глобального цикла углерода является оценка эмиссии  $\text{CO}_2$  из криогенных почв, как интегрального показателя их биологической активности.

В ходе исследований, проведенных в июне 2021 года на типичных участках экосистем арктической пустыни архипелага Земля Франца-Иосифа на о. Хейса ( $80^{\circ}37' \text{ N}$ ,  $58^{\circ}03' \text{ E}$ ) и о. Гукера ( $80^{\circ}20' \text{ N}$ ,  $52^{\circ}46' \text{ E}$ ), заложены мониторинговые площадки (размером  $5 \times 5$  м с шагом 1 м, число точек опробования на каждой площадке составляет 25), оценена биологическая активность почв и особенности их функционирования, отобраны образцы почв для лабораторных исследований.

Эмиссия диоксида углерода почвами типичных экосистем арктической пустыни на мониторинговых площадках (о. Хейса, о. Гукера) варьировала в широких пределах (от 0 до  $278 \text{ CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$ ) и составляла в среднем  $54 \pm 37 \text{ мг CO}_2 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{час}^{-1}$  ( $n = 50$ ). Этот показатель характеризуется высокой пространственной вариабельностью: коэффициент вариации составил в среднем 75%. Распределение значений эмиссии  $\text{CO}_2$  ассиметрично на всех объектах исследования, медиана смещена в сторону низких значений.

Невысокие относительно других природных зон значения эмиссии  $\text{CO}_2$  могут быть обусловлены, как спецификой объектов исследования (близкое залегание к поверхности почвы многолетнемерзлых пород, низкие температуры воздуха, высокая влажность почвенной толщи и т.д.), так и временем проведения исследования. В июне только часть территорий арктических островов уже освобождена от снега, только часть почвенного профиля успевает оттаять. Пик вегетационного сезона на объектах исследования приходится на июль, именно в это время, предположительно, можно наблюдать усиление эмиссии  $\text{CO}_2$ . С учетом того, что определение эмиссии  $\text{CO}_2$  проводилось не в пик вегетационного сезона, можно предположить, что изученные экосистемы характеризуются значительным потоком углерода в атмосферу, почвы являются важным источником парниковых газов в Арктическом регионе. Данное предположение было сделано на основе данных, полученных нами в ходе экспедиции. Исследования были проведены в июне (не пик вегетационного сезона). Если бы исследования проводились в июле, то значения эмиссии были бы еще выше. Предположительно, фактором, оказывающим наибольшее влияние на разнообразие экосистем и биологическую активность почв экосистем Арктики, является наличие и глубина залегания многолетнемерзлых пород, так как именно мерзлота определяет тип биогеоценоза, температурный режим и активность процессов трансформации органического вещества в экосистемах этого региона.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (проект № МК-23.2022.1.5).

УДК 631.4

## СТРУКТУРА И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ г. СЫКТЫВКАРА И г. КРАСНОДАРА

Д.Э. Болквадзе

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
5db83241@gmail.com

The relationship between the structure of microaggregates and the rheological properties of zonal soils in the cities of Syktyvkar and Krasnodar were studied. The revealed features are probably due to the difference in particle size distribution, as well as the content and composition of organic matter.

Изучение реологических свойств даёт возможность оценить способность почвы сопротивляться механическому воздействию и предска-

зять реакцию на антропогенную нагрузку, которая в настоящее время приобретает всё большие масштабы. Знание свойств структуры в её ненарушенном состоянии потенциально можно использовать при попытках восстановить естественные функции антропогенно измененных почв. При этом визуализировать почвенную организацию на микроуровне можно с помощью методов электронной микроскопии.

Объектами исследования стали подзолистая контактно-глубокоосветленная профилюноглеенная почва легко-тяжелосуглинистая на моренных отложениях из г. Сыктывкара и чернозем мощный тяжелосуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках из г. Краснодара.

Из середины каждого горизонта были отобраны насыпные образцы почв. В ходе исследования изучены основные физические свойства, структура и микроструктура, а также реологические свойства. Были применены метод амплитудной развертки с использованием модульного реометра MCR 302 и метод сканирующей электронной микроскопии с использованием сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6380LA.

Различие в микроструктурном строении исследованных почв состоит в том, что образцы чернозема являются более агрегированными с выраженной пористостью внутри микроагрегатов в отличие от образцов Сыктывкара, где более мелкие частицы располагаются на поверхности крупных минеральных зерен.

В образцах подзолистой почвы разрушение структуры начинается при меньших деформациях (0.003–0.005 %), чем в образцах чернозема (0.006–0.016 %). При этом максимальное значение модуля упругости в подзолистой почве составляет более  $1.6 \cdot 10^6$  Па в горизонте ELBg1 (14–30 см), а минимальное –  $6.5 \cdot 10^5$  Па в горизонте BTg2 (70–100 см). Значения модуля упругости в горизонтах чернозема варьируют в диапазоне  $5.3 \cdot 10^5$ – $6.4 \cdot 10^5$  Па с максимальным значением в горизонте АВ (60–130 см). Более высокие значение этого показателя в подзолистой почве, вероятно, связаны с наличием большого количества крупных минеральных зерен. Предел пластичной деформации выше в образцах чернозема, в которых он постепенно убывает с 3 до 2 %, в отличие от подзолистой почвы, где верхний горизонт EL (0–14 см) имеет резко отличающееся высокое значение 4.35 %, а нижележащие горизонты колеблются от 2.65 до 2.35 % без видимой закономерности. Различия в микроструктурной организации и реологическом поведении исследованных почв, по всей видимости, обусловлены различием гранулометрического состава, а также содержанием и составом органического вещества.

Работа рекомендована к.б.н., доц. М.А. Бутылкиной.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОМИЦЕТОВ  
ПО ФРАКЦИЯМ ПРИДОРОЖНОЙ ПЫЛИ

В.Д. Волкова, Н.В. Колодкин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
veronikavolkova946@gmail.com, nickolay192@gmail.com

Micromycetes of four areas of the megalopolis, differing in the degree of anthropogenic load and in the quality of roads, were investigated. The samples were divided into 4 fractions according to the size of the dust particles. The dominance of *Aspergillus* spp. was established in all dust samples, except for the conditionally pure one. Certain regularities in the distribution of the abundance of the number of fungal species by fractions in the samples from the zones of high load were not revealed.

Проблема улучшения экологического и санитарно-гигиенического качества городской среды включает вопросы распространения микроорганизмов, в том числе, микроскопических грибов, с аэрозолями, с частицами почвы и придорожной пыли. В зависимости от размера частиц и характеристик урбаноземов и дорожного покрытия подбирают средства для пылеподавления.

Проведены исследования микромицетов в образцах придорожной пыли, отобранных в разных районах Москвы. Площадки отбора образцов различались степенью техногенной нагрузки и покрытием дорожного полотна. Образец № 1 принимали за условный контроль – тропинка Битцевского парка, другие три образца из центра города: образец № 13 – внутридворовая дорога вблизи Раушской набережной с большой нагрузкой противогололедных реагентов; № 14 – проезжая часть Раушской набережной, № 19 – проезжая часть и пешеходная зона Сретенского бульвара. Образцы с помощью почвенного сита были поделены на 4 фракции. фракция 1 – 0.5–0.25; 2 – 0.25–0.125; 3 – 0.125–0.063; 4 – <0.063 (диаметр частиц, мм).

Исследование микобиоты проводили стандартным микологическим методом посева на агаризованную среду Чапека с добавлением антибактериального антибиотика. Учет и описание грибных колоний проводили на 7–10 сутки роста. Анализировали общую численность микромицетов по количеству колониеобразующих единиц (КОЕ, тыс./г пыли) и разнообразие по числу культурально-морфологических типов (КМТ) и индексу Шеннона.

Полученные результаты свидетельствуют, что доминирующими во всех образцах пыли за исключением условно чистого образца 1 («контроль» с тропинки Битцевского парка) были представители рода *Aspergillus*. Образцы с разных площадок различались по структуре сообществ микромицетов.

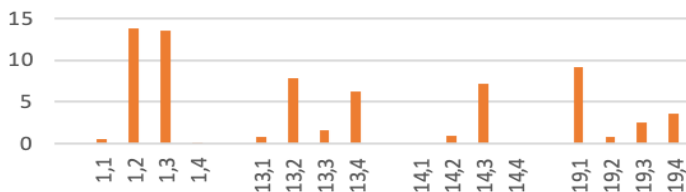


Рисунок. Численность микромицетов, КОЕ тыс./г. По оси абсцисс через запятую отмечен номер площадки и номер фракции.

Определенных закономерностей в распределении численности КОЕ и числа видов микромицетов по фракциям в образцах из зон высокой нагрузки не выявлено.

Благодарности. Исследование выполняется в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды» и поддерживается грантом РФФ 22-24-00666.

Авторы благодарят проф. Терехову В.А. за предоставление условий для выполнения работы.

УДК 504.054

## МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛОИДЫ В ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЯХ ПОЧВ СЕВАСТОПОЛЯ

Н.Б. Жаксылыков, Л.А. Безбердая

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
 niyaz.zh@mail.ru

The accumulation of heavy metals and metalloids in individual particle size fractions of Sevastopol soils was studied by ICP-MS, ICP-AES methods. For priority pollutants Cd, Sb, Zn it was found that fine particles are more environmentally hazardous as they accumulate pollutants 2–5 times higher than coarse fractions.

Экологическое состояние туристических городов, куда приезжают для получения рекреационных услуг и улучшения состояния здоровья, должно являться объектом регулярного мониторинга. В некоторых городах такой направленности существуют техногенные источники загрязнения, что создает риски для здоровья не только местного населения данных мест, но и рекреантов. Один из них Севастополь – крупный административный, портово-промышленный, исторический и туристический центр Крымского полуострова. По официальным данным, в 2019 г. Крым посетило 7.43 млн человек. В работе оцениваются уровни загрязнения и распределение тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) в почвах Севастополя, основные источники поллютантов, а также накопление ТММ в гранулометрических фракциях городских почв, или как принято называть, РМ («particulate matter»), а цифра определяет размер частиц, например, РМ<sub>1</sub> – частицы диаметром  $\leq 1$  мкм.

ТММ являются приоритетными загрязнителями городской среды, они поступают с выбросами промышленных предприятий, транспорта (истирание шин, износ тормозных колодок и тормозных механизмов, эмиссии при сжигании топлива) и объектов транспортной инфраструктуры (износ дорожного полотна), объектов теплоэнергетики, при сжигании твердых бытовых отходов (ТБО).

Полевые исследования почвенного покрова включали отбор образцов из верхнего (0–10 см) слоя в разных функциональных зонах города. В ходе лабораторных работ из 26 образцов последовательно выделены фракции РМ<sub>1</sub>, РМ<sub>1–10</sub>, РМ<sub>10–50</sub> методом центрифугирования, фракция РМ<sub>>50</sub> методом ситования. Содержание ТММ проанализировано атомно-эмиссионной и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой во ВНИИ минерального сырья имени Н.М. Федоровского.

Для полученных результатов определены средние, медиана, максимальные и минимальные значения, коэффициент вариации в программном пакете Statistica. Повторность результатов одна.

Выявлены приоритетные поллютанты (табл.), местоположение и контрастность их локальных аномалий и распределение в частицах почв разного диаметра.

Интенсивное накопление ТММ в тонких фракциях почв свидетельствует о большей экологической опасности микрочастиц, которая связана с их способностью глубже проникать в организм человека, повышая риск развития сердечно-сосудистых, респираторных и онкологических заболеваний.

Таблица. Средние концентрации приоритетных поллютантов в гранулометрических фракциях почв Севастополя.

ТММ	Средние концентрации в гранулометрических фракциях почв, мг/кг			
	PM <sub>1</sub>	PM <sub>1-10</sub>	PM <sub>10-50</sub>	PM <sub>&gt;50</sub>
Cd	1.39	1.41	0.71	0.27
Sb	3.98	3.78	2.55	1.70
Zn	455	378	167	85

Работа выполнена по проекту РФФИ № 19-05-50101.

Работа рекомендована д.г.н., проф. Н.Е. Кошелевой.

УДК 631.4

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗМЕНЕНИЯ РЕАКЦИИ СРЕДЫ ЧЕРНОЗЕМОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Лазарева

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, margoflams@mail.ru

For 220 years of using natural soil for arable land, alkalization occurred in the upper 5–20 cm of the soil. Alkalization occurred due to the pulling of salts to the upper part of the soil profile with an upward flow of moisture. Leaching occurred due to the planting of forest belts on arable soils at a depth of 20–50 (80) cm. Leaching occurred due to greater moistening of the soil profile and the removal of alkali and alkaline earth metal salts by soil solutions.

Реакция среды (pH) является важным мониторинговым показателем. Данный параметр влияет на доступность макро- и микроэлементов, на растворимость веществ, на микробиологическую активность почвы, на развитие и функционирование клеток корней растений, на катионно-обменную емкость почв. Кроме этого показатель pH рекомендуется использовать в качестве основного бонитировочного признака при оценке свойств почв для качественной оценки земель сельскохозяйственного назначения [1].

В целях исследования были взяты пахотные и лесные почвы полигона Козловской лесополосы (ПК), а также пахотные и лесные почвы полигона Белопрудского стационара (ПБП). А также целинная почва, отобранная в условиях Козловской лесополосы. Пахотными почвами



являлись агрочерноземы текстурно-карбонатные, лесными почвами – черноземы текстурно-карбонатные постагрогенные, целинной – чернозем текстурно-карбонатный [2].

Цель исследования состояла в том, чтобы проследить как изменилась реакция среды естественной почвы при распашке, а затем при посадке лесополосы. Почвы использовались под пашню 220 лет. Козловская лесополоса была посажена 125 лет назад, лесополоса Белопрудского стационара – 70 лет назад.

Реакция среды (рН) определялась потенциометрическим методом [3].

За 220 лет использования естественной почвы под пашню в верхних 5–20 см почвы произошло подщелачивание. Показано, что  $pH_{H_2O}$  пахотных почв на данной глубине варьирует от 6.92 до 8.22,  $pH_{H_2O}$  целинной почвы – от 6.43 до 6.70. Подщелачивание произошло за счет лучшего подтягивания солей к верхней части профиля почвы с восходящим током влаги. Вследствие посадки лесополос на пахотных почвах на глубине 20–50 (80) см почв произошло выщелачивание. Показано, что  $pH_{H_2O}$  лесных почв на данной глубине варьирует от 5.93 до 7.35,  $pH_{H_2O}$  целинной почвы – от 6.7 до 8.52. Выщелачивание произошло за счет большего увлажнения профиля почвы и выноса солей щелочных и щелочноземельных металлов почвенными растворами. Глубина выщелачивания почвенного профиля от солей ПК выше, чем ПБП и составила 40–60 см против 10–30 см, что связано с большим временем воздействия лесополосы на почву (125 лет ПК против 70 лет ПБП). Глубина появления легкорастворимых солей лесных и пахотных почв ПБП выше по сравнению с ПК и начинается с 40–50 см против 60–70 см, что обусловлено более близким расположением солевого горизонта ПБП по сравнению с ПК.

#### Литература

1. *Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я.* Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Тула, Гриф и К, 2012. 124 с.
2. *Классификация и диагностика почв России.* Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
3. *Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Федорова Н.Н.* Химический анализ почв. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та. 1995. 263 с.

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> ПОЧВ  
ОСНОВНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ  
И ЮЖНОЙ ТУНДРЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.П. Митина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
armitayka@mail.ru

The soils of the main ecosystems of the northern taiga and southern tundra are characterized by a pronounced daily dynamics of CO<sub>2</sub> emissions with the lowest values at night and the highest in the daytime. The optimal time for measuring the soil CO<sub>2</sub> emission, taking into account its daily dynamics, is the daytime.

Данная тема актуальна, поскольку почвенное «дыхание» характеризует функциональное состояние экосистемы в целом в каждый конкретный момент времени и является параметром функционирования экосистем.

Целью работы является оценка суточной динамики эмиссии CO<sub>2</sub> почв основных экосистем северной тайги и южной тундры Западной Сибири.

Основными задачами работы являлось провести анализ полевых данных по эмиссии CO<sub>2</sub> и гидротермическим параметрам почв основных экосистем северной тайги и южной тундры Западной Сибири (август, 2017), определить зависимости эмиссии CO<sub>2</sub> от гидротермических и геокриологических параметров почв, дать сравнительную оценку суточной динамики и связей эмиссии CO<sub>2</sub> почв и определяющих ее факторов среды на уровне экосистем и природных зон.

Исследование суточной динамики показателей экосистемы северо-таежной зоны (ст. Надым) – плоскобугристого торфяника и сосняка лишайникового – проводились в течение 2 суток через каждые 4 часа в 5-ти кратной повторности 13–15 августа. Мониторинг температуры и влажности почвы проводился на глубине 10 см.

Аналогичные исследования проводились в ключевых системах тундровой зоны (ст. Новый Уренгой) – экосистем пятна, заросшего участка и ерника – в течение 2 суток каждые 4 часа в 5-ти кратной повторности 20–22 августа 2017 года.

Экосистема пятна представлена органическими пятнами-медальонами на поверхности торфяников, приуроченных к понижениям микрорельефа на полигонах и западинам между кочками. Ерник пред-

ставлен густыми зарослями кустарниковой березы. Заросший участок представляет участок леса с относительно невысокой плотностью деревьев, не образующих плотного лесного полога. В ложбинах и логах встречаются низкорослые ивняки с фрагментами травяно-моховых болот.

В результате проведенной работы было выявлено, что почвы основных экосистем северной тайги и южной тундры характеризуются ярко выраженной суточной динамикой эмиссии  $\text{CO}_2$  с наименьшими значениями в ночные часы и наибольшими – в дневное время. Почвы ерника, пятна и заросшего участка южной тундры статистически значительно отличаются по эмиссии  $\text{CO}_2$ . Максимальные величины эмиссии наблюдались в экосистеме ерника, минимальные – в экосистеме пятна. Эмиссия  $\text{CO}_2$  почв заросшего участка статически значительно ниже, чем почв ерника. В северотаежной зоне эмиссия  $\text{CO}_2$  почв сосняка лишайникового выше, чем почв торфяника. Среднесуточный ход эмиссии  $\text{CO}_2$  почвами лесных экосистем и торфяников северной тайги соответствует среднесуточному ходу температуры воздуха и почвы на глубине 10 см. Для типичных экосистем южной тундры такая зависимость не выявлена. Оптимальным временем для измерения эмиссии  $\text{CO}_2$  почв с учетом ее суточной динамики являются дневные часы.

Работа рекомендована к.б.н., м.н.с. А.А. Бобрик.

УДК 631.40

## НАКОПЛЕНИЕ РТУТИ ГОРОХОМ НА ПРОИЗВЕДСТВОВАННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Д. Озеров

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
denis20200@yandex.ru

The results of the field experiment showed that the introduction of dolomite flour into the soil in doses of 1–9 tons per 1 ha did not significantly affect the gross content of Hg in the soil. An increase in the dose of meliorant contributed to a decrease in the concentration of heavy metal in pea straw and an increase in the mercury content in grain. The accumulation of Hg in pea grain was in direct proportion to the dose of dolomite flour.

Для изучения влияния известкования на накопление ртути культурными растениями из дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в 2018 г. был заложен многолетний полевой мелкоделеляночный опыт.

В почву опыта со среднекислой реакцией среды ( $pH_{KCl}$  4.6–5.0) была внесена доломитовая мука. Схема полевого опыта включала 6 вариантов, в которых доза мелиоранта возрастала в диапазоне от 1.0 до 9.0 т·га<sup>-1</sup> (табл. 1). Полная доза мелиоранта (1.0 Д), равная 5 т/га, была эквивалентна количеству карбонатов кальция и магния, необходимому для нейтрализации гидролитической кислотности почвы 3.3 ммоль 100 г<sup>-1</sup>. Опыт проводился в четырехкратной повторности. Учетная площадь делянки – 6 м<sup>2</sup> (2×3 м). Валовое содержание ртути в почве – 0.06 мг·кг<sup>-1</sup>, что соответствует фоновому содержанию металла для почв Ленинградской области. В 2020 г. было исследовано последствие известкования на накопление ртути горохом (*Pisum sativum* L.). Во все варианты опыта была внесена азофоска из расчета N90P90K90. Уборка надземной массы гороха прошла в фазу начала созревания бобов.

Содержание Hg в растениях гороха и в почве было определено методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Перед измерением растения были озолены в смеси концентрированных кислот: азотной и хлорной (соотношение кислот 4:1); почва была подвергнута трехчасовому кипячению в 5 М растворе азотной кислоты.

Таблица 1. Влияние доз извести на содержание ртути в почве и растениях гороха.

Варианты	Доза СаСО <sub>3</sub> + MgСО <sub>3</sub>	Почва	Солома	Зерно
	т·га <sup>-1</sup>			
НРК-фон	0	66.9±3.9*	22.5±3.7	0.20±0.05
Фон+0.2Д	1.0	65.5±4.1	20.3±0.5	0.25±0.01
Фон+0.6Д	3.0	58.4±2.1	15.3±1.3	0.67±0.11
Фон+1.0Д	5.0	63.1±1.9	14.2±0.7	0.71±0.14
Фон+1.4Д	7.0	65.0±4.7	12.0±2.9	0.91±0.03
Фон+1.8Д	9.0	66.4±0.6	16.5±9.9	2.40±1.64

\*среднее значение±СКО

Результаты эксперимента показали, что внесение доломитовой муки существенно не повлияло на валовое содержание Hg в почве. Увеличение дозы мелиоранта способствовало снижению концентрации тяжелого металла в соломе гороха и увеличению его содержания в зерне. Статистическая обработка данных выявила, что достоверное снижение содержания ртути в соломе гороха отмечалось только в вариантах с дозой доломитовой муки 3–5 т/га, дальнейшее увеличение дозы мелиоран-

та не привело к заметному изменению этого показателя. Накопление Hg в зерне гороха находилось в прямой пропорциональной зависимости от дозы доломитовой муки, коэффициент корреляции 0.87.

Работа рекомендована к.б.н., доц. М.А. Ефремовой.

УДК 631.4

МАКРОПЕДОФАУНА КАТЕНЫ МАЛОЙ РЕКИ  
(ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

К.Н. Шатских

Санкт-Петербургский государственный университет  
st067990@student.spbu.ru

The soil-zoological studies were carried out to identify patterns of distribution of mesopedofauna in the moisture gradient. During the research, the structural and functional organization of the soil macrofauna population was established. Further work is aimed at setting the relations between the mesopedofauna and the physicochemical parameters of soils.

Макропедофауна выступает не только одним из важнейших компонентов наземных экосистем, но регулятором почвообразования и других биогеохимических процессов. Тем не менее, закономерности смены комплексов макропедобионтов в градиентах природных факторов среды изучены недостаточно, в частности, в условиях Северо-Запада. В связи с этим целью работы было изучение структурно-функциональной организации населения почвенной макрофауны в катене малой реки.

Почвенно-зоологические исследования на полигоне «Гришкино» (Лисинский учебно-опытный лесхоз, Ленинградская область) были проведены в октябре 2021 г. на трех участках, различающихся степенью увлажнения и сопряженных с почвенными разрезами (от № 1 к № 3 увеличивается влажность). Почвы участков имеют различия по гранулометрическому составу, но все относятся к дерново-элювиально-метаморфическим потечно-гумусовым глееватым на ленточных глинах. Фитоценозы участков различны: в условиях наименьшего увлажнения сообщество, представленное сосново-еловым разнотравный лесом, сменяется с увеличением увлажнения сосново-ельником чернично-сфагновым, затем переходит к елово-сосняку с березой сфагновому, характеризующимся максимумом влажности.

На каждом участке заложены по три пробных площади размером 5×5 м (всего 9 площадок), находящиеся на расстоянии друг от друга более 25 метров и имеющие сходный растительный покров. Учет фауны проводился по общепринятой методике ручной разборки проб площадью 25×25 см (необходимая глубина не превышала 20 см). Образцы взяты послойно (подстилка, 0–10, 10–20 см) в четырехкратной повторности.

Таксономический состав почвенного населения исследованных участков формируют беспозвоночные животные из 2 типов (кольчатые черви, членистоногие животные) и 5 классов (поясковые черви, паукообразные, губоногие многоножки, двупарноногие многоножки, насекомые открыточелюстные). До уровня вида определены 33 представителя почвенной фауны. Средняя плотность макропедофауны площадок составила 54 экз./м<sup>2</sup>.

Всего было выявлено 2 вида дождевых червей, 6 видов двупарноногих многоножек, 1 вид губоногих многоножек, 2 вида двукрылых, 1 вид муравьев, 7 видов жужелиц, 7 видов стафилинид, по одному виду щелкунов, мягкотелок и грибоедов.

Наибольшей плотностью макрофауны характеризуется участок № 1 – 78.7 экз./м<sup>2</sup>. Только здесь отмечено обитание дождевых червей (*Octolasion tyrtaeum* (Savigny, 1826) и *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)). На долю сапрофагов приходится 34 %, а хищников – 47 %. Только на этой площадке в органо-минеральном слое почвы (не глубже 15 см) были обнаружены крупные почвенные беспозвоночные численностью 28 экз./м<sup>2</sup>.

Средняя плотность макропедофауны площадки № 3 составила 56 экз./м<sup>2</sup>. На долю сапрофагов здесь приходится только 7 %, а доминирующей группой становятся хищники – 80 %.

Наименьшей численностью и видовым разнообразием беспозвоночных характеризуется площадка № 2 – 28 экз./м<sup>2</sup>. Такую низкую численность мы связываем с очень сухим вегетационным периодом 2021 г., когда беспозвоночные подстилки были вынуждены уйти в более комфортные по влажности заболоченные участки леса.

В объединенных образцах почвы с каждой площадки определена величина водородного показателя, в дальнейших исследованиях будет проанализировано содержание азота, фосфора и калия. Образцы, отобранные на опорных разрезах, в последующем будут исследованы на химические и физико-химические свойства (содержание углерода, фракционно-групповой состав гумуса, рН водной и солевой вытяжки, гидролитическую кислотность, емкость катионного обмена, сумму

поглощённых оснований и гранулометрический состав). Это поможет установить взаимосвязь распределения макропедофауны в зависимости от почвенных условий.

На данном этапе работы определена численность и видовой состав, групповая и трофическая структура макропедофауны и ее распределение в градиенте увлажнения.

Работа рекомендована к.б.н. Е.В. Пятиной.

УДК 631.445.4:631.417.2:631.87

## ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ

В.А. Юшкина, Т.Д. Макарова, А.А. Затонских  
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
vlada-yushkina@mail.ru, taia.makarova2012@yandex.ru  
alexzatonskih@gmail.com

The influence of the application of straw of grain crops and straw with additional components, as an organic fertilizer, on the humus state of leached chernozem is considered.

Исследования проводились на территории земледелия ВНИИ сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова (Рамонский район, Воронежская область) в условиях длительного полевого опыта, заложенного в 2011 году и представляющего собой зернопаропропашной севооборот Почва опыта – чернозём выщелоченный малогумусный среднемогучный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке.

Под культуры ежегодно вносили солому ячменя и пшеницы (1:1) с сопутствующими компонентами, такими как азотное удобрение, питательная добавка, целлюлозолитический микромицет *Humicola fuscoatra* ВНИИС 016. Контролем служил вариант без внесения удобрений.

В ходе исследования было выявлено, что содержание гумуса изменялось между разными вариантами опыта и разными сроками отбора (рис. 1).

В сентябре при внесении соломы и соломы + азотное удобрение отмечено снижение содержания углерода по сравнению с контролем (3.14–3.08 %) до 3.07–3.02 % и 3.02–3.01 % соответственно.

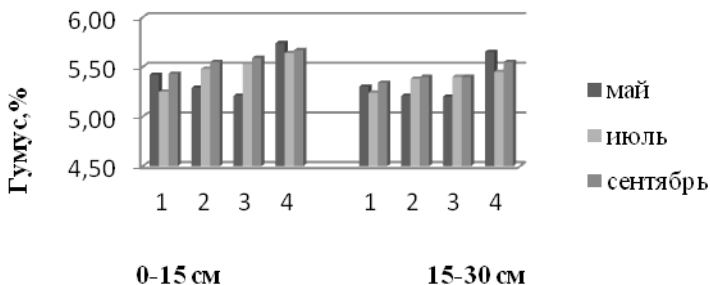


Рисунок 1. Диаграмма сезонной динамики содержания гумуса в почве, %. 1 – Контроль; 2 – Солома; 3 – Солома + азотное удобрение; 4 – Солома + азотное удобрение + ПК + *Humicola fuscoatra*.

Отсутствие увеличения содержания углерода, может быть вызвано не высокой интенсивностью разложения вносимых компонентов, а также поглощением образующегося при разложении соломы углерода микробными организмами, использующими его как легкодоступное органическое вещество. Там содержание гумуса до 5.74–5.65 %.

Значительно выше содержание гумуса в варианте с солома + микромицет целлюлозолитический. В июле увеличились по сравнению с контролем (3.05–3.04 % углерод, 5.25–5.24 % гумус) до 3.27–3.16 % и 5.64–5.45 % соответственно. В сентябре разница в содержании гумуса между контролем (5.43–5.34 %) и другими вариантами опыта уменьшается.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. Л.Ю. Гончарова.



## Секция V

### *Популяризация почвоведения*

ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭТАП  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
СОВРЕМЕННОГО ШКОЛЬНИКА

А.А. Бобрик

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
ann-bobrik@yandex.ru

Studying soils in the course of preparing scientific research works on ecology and soil science is an excellent opportunity for schoolchildren to express themselves, to contribute to the development of ecology as a science, to learn how to set goals and objectives, plan scientific experiments, and just feel like a real scientist. Carrying out high-quality research work in soil science allows the modern schoolchild to understand that he is able to contribute to the solution of global and local environmental problems.

Вопрос экологического просвещения и образования современной молодежи стоит остро и привлекает внимание широкого ряда специалистов от школьных учителей до научных сотрудников ВУЗов и представителей промышленного сектора. Посещение научно-популярных лекций, семинаров, знакомство с тематической литературой ведет к повышению уровня экологического образования молодежи. Однако одним из самых эффективных методов обучения экологии и формирования профессиональных компетенций является участие в научно-исследовательской деятельности. Научно-исследовательская деятельность – это начало экологического пути современного школьника.

Изучение почв в ходе подготовки научно-исследовательских работ по экологии и почвоведению – это отличная возможность для учащихся школ проявить себя, внести свой вклад в развитие почвоведения и экологии как наук, научиться ставить цели и задачи, планировать научные эксперименты, а также просто почувствовать себя настоящим ученым-естествоиспытателем. Научно-исследовательская деятельность школьников по почвоведению и экологии способствует получению первичных профессиональных умений и навыков, позволяет учащимся на практике применить основные экологические знания, дает возможность самостоятельно принимать решения и нести за них ответственность. Проведение качественной научно-исследовательской работы по почвоведению позволяет современному школьнику понять, что он способен внести свой вклад в решение глобальных и локальных экологических

проблем и может помочь поддержанию или восстановлению благоприятного экологического состояния своего региона.

Особое внимание необходимо уделить возможности проведения научно-исследовательских работ школьников под руководством научных сотрудников ВУЗов и НИИ, представителей академической сферы. Возможность школьника проводить научную работу по почвоведению в ВУЗе – это важный шаг по сближению молодого поколения и настоящих ученых-экологов, это связующее звено между школой и реальной наукой, это возможность для учащихся уже в юном возрасте прикоснуться к решению злободневных проблем экологии. Привлечение сотрудников ВУЗов и НИИ к исследовательской работе со школьниками ведет к повышению качества экологического образования и просвещения.

УДК 378.09

## РОЛЬ СТУДЕНЧЕСКИХ НАУЧНЫХ ОБЩЕСТВ В ПОПУЛЯРИЗАЦИИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Е.Н. Деревенец, Н.О. Коршунова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
lizaderevenets@yandex.ru

Student scientific societies play an important role in the popularization of soil science. The Student Scientific Society of the Faculty of Soil Science of Moscow State University offers various tools for involving students in popular science activities.

В настоящее время одной из важных проблем практического применения полученных знаний в почвоведении является их популяризация. Наиболее эффективным инструментом популяризации почвоведения может стать деятельность студенческих научных обществ (СНО). Активность СНО направлена на формирование научных интересов студентов, обеспечение возможностей научного и профессионального развития, что отражается на увеличении социальной значимости науки в целом.

Роль студенческих научных обществ в популяризации почвоведения рассмотрена на примере СНО факультета почвоведения МГУ. Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова – один из ведущих научных центров в своей области, который готовит высоко квалифицированных специалистов почвоведов и экологов, являющихся кадровым резервом страны в области естественных наук. Образованное по

инициативе студентов в 2019 году, СНО факультета почвоведения ведет работу по активизации студенческого исследовательского потенциала и реализации научных и карьерных возможностей, внося вклад в популяризацию почвоведения и экологии.

Деятельность СНО факультета почвоведения направлено на широкую аудиторию студентов и старших школьников Москвы и регионов. Сегодня основным способом популяризации является организация мероприятий, направленных на привлечение внимания к проблемам почвоведения не только специалистов, но и представителей смежных наук, а также заинтересованных.

Осенью 2021 года СНО факультета почвоведения организовало конкурс научно-популярных статей по почвоведению и экологии «Pop&Soil», целью которого является развитие студенческого потенциала в распространении знаний и результатов научной деятельности, а также привлечение и просвещение потенциальных абитуриентов. В конкурсе приняло участие 47 работ студентов российских вузов по различным тематикам, включая, помимо общепринятых, социально-значимые вопросы «здоровья почв и человека», «роли почв в искусстве» и «космического почвоведения». Актуальной проблемой является формирование площадки для взаимодействия студентов-почвоведов и обмена опытом как ведения научной деятельности, так и непосредственно популяризации науки.

В рамках Всемирного Дня почв 2021 команда СНО факультета почвоведения организовала молодежную конференцию «Soil Ted». За 5–7 минут студентам необходимо в научно-популярном формате раскрыть тему из области почвоведения и объяснить результаты исследований широкой аудитории. Данное мероприятие раскрывает важность популяризации науки и сложность донесения научной информации неподготовленной аудитории.

СНО способно раскрыть популяризаторский потенциал студентов как будущих ученых и сформировать интерес к процессу обмена знаниями с широкой аудиторией. Проведение тематических мероприятий, развитие популяризаторских навыков студентов должно являться одной из задач деятельности студенческих научных обществ различных вузов.

Работа рекомендована к.б.н., н.с. Е.А. Тимофеевой.

УДК 631.4

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПОЧВЫ  
С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ ФОТОКАМЕРЫ  
В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Д.А. Жулидова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
Julidova-Dasha@yandex.ru

To create a three-dimensional model of soil horizons with broken boundaries, we developed an approach called optical mapping.

Изучение цвета сухих и влажных почв важно для классификации и диагностики почв. Цифровая морфометрия почвы включает в себя применение инструментов и методов, которые позволяют измерять и количественно определять характеристики профиля почвы, а также получать непрерывные функции их изменения с глубиной [1, 2, 3].

Разница в цвете почвы может быть использована в качестве основного компонента, который дифференцирует горизонты почвы. Этот подход называется оптическим картированием и успешно применяется в медицине. Органические ткани окрашивают флуоресцентными красителями [4]. В результате математической обработки серий срезов создается трёхмерная модель объекта. При отсутствии специального освещения, вместо флуоресцентных, можно использовать натуральные почвенные красители, в основном это гуминовые вещества и соединения железа [1].

Высокое разрешение цифровой фотографии позволяет оценить цвет почвы. Основное условие использования цифровой фотокамеры – её колориметрическая калибровка. Для получения колориметрически точных изображений влажных почв разработана процедура калибровки цифровой фотокамеры. В процессе полевого эксперимента получены колориметрически точные изображения образцов почв с различной текстурой, цветовыми характеристиками и содержанием влаги в диапазоне 5–20 %. Цифровой камерой, откалиброванной по шкале внутреннего стандарта, сняты одиннадцать срезов почвы и синхронизированы по цвету в системе CIELAB. В программе Voxler построена трехмерная модель распределения горизонтов освоённой дерново-подзолистой почвы по данным, полученным в полевом эксперименте при естественной влажности.

## Литература

1. *Кириллова Н.П.* Использование цветовой характеристики почв в системе CIELAB для оценки миграции соединений железа в геохимических сопряжённых ландшафтах // МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва // Вестник Московского университета. Почвоведение. 2016.

2. *Кириллова Н.П., Силёва Т.М.* Анализ цвета почв с использованием цифровой фотокамеры // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2017. № 1. С. 16–22.

3. *Кириллова Н.П.* Комплексный подход к почвенной картографии на основе цифровой морфометрии и комбинаторного анализа. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук 2018.

4. *Cathey B., Obaid S., Zolotarev A.M., Pryamonosov R.A., Syunyaev R.A., George S.A., Efimov I.R.* Open-Source Multiparametric Opto-cardiography // Scientific Reports. 2019. 9:721. doi:10.1038/s41598-018-36809-y.

Работа рекомендована д.т.н., проф. Д.М. Хомяковым.

УДК 631.417.1

## ЧЁРНЫЙ УГЛЕРОД И ЕГО ФУНКЦИИ В ПОЧВЕ

С.М. Фортова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
fortovas21@gmail.com

Black carbon is a type of carbonaceous compounds, which is formed in the pyrolysis process. PAHs are one of the main components of black carbon. Black carbon is often viewed as an atmospheric pollutant, but it has the potential to sorb contaminants and acts as an ameliorant. Although, mechanisms of its migration in soils are not quite studied yet, and further research is needed to understand the functions of black carbon in soils.

Чёрный углерод – это собирательное название для углеродных соединений пирогенного происхождения, продукт сжигания, источниками которого являются как природные пожары, так и сгорание автомобильного топлива, и другие выбросы антропогенного характера. Одним из основных компонентов этой группы частиц являются ПАУ (полициклические ароматические углеводороды). Чёрный углерод часто рассматривают как загрязнитель атмосферы, хотя преобладающая

часть чёрного углерода сосредоточена в почвах и в водной среде. Значительные запасы чёрного углерода в почвах связаны с длительностью его преобразования, и он имеет потенциал для долгосрочной ассимиляции  $\text{CO}_2$ .

В отечественной и зарубежной научной литературе наиболее широко отражены исследования чёрного углерода как загрязнителя. Выбросы частиц являются глобальным фактором, способствующим разогреву атмосферы. Хорошо исследован чёрный углерод как мелиорант, особенно его искусственно получаемые низкотемпературные формы – биочар. Мало изучено его влияние на городскую среду, хотя города являются крупными источниками пирогенных частиц. Также почти не уделяется внимание трансформации и выветриванию частиц в почвах.

Экспериментальная база исследования чёрного углерода подтверждает, что, с одной стороны, частицы обладают высокой сорбционной способностью и возможно их использование для агромелиорации почв, загрязнённых, например, тяжёлыми металлами. С другой стороны, из-за малой изученности процессов миграции чёрного углерода нельзя точно предсказать, как поведут себя сорбированные загрязняющие элементы. Требуется проведение модельных экспериментов с целью изучения динамики, а также с целью дальнейшей стабилизации этого пула органического углерода в почвах.

Таким образом, чёрный углерод выполняет множественные функции в почвах, однако, требуется больше исследований для его рационального использования.

Работа рекомендована д.б.н., профессором, и.о. декана факультета почвоведения П.В. Красильниковым.





Школьная секция  
*Почва и экосистемы*

ЧЕРНОЗЁМ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ  
В СТЕПНОЙ ЗОНЕ

В.А. Аксенич

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
г. Ростова-на-Дону «Школа № 40 имени Восьмой Воздушной Армии»  
500500@inbox.ru

The aqueous extract of chernozem has a similar physico-chemical composition and properties with tap and artesian water, which proves the participation of soil in the formation of the chemical composition of underground and river waters.

Цель работы: изучение качественного состава водной вытяжки чернозема обыкновенного и воды разных источников водоснабжения в условиях школьной химической лаборатории.

Проведены исследования свойств и химического состава воды из разных компонентов степного биогеоценоза: почвы, водопродонной обеззараженной воды реки Дон и из артезианской скважины, находящейся в экологически чистом районе Ростовской области – пос. Матвеев-Курган.

Водная вытяжка чернозема обыкновенного карбонатного была получена при обработке навески почвы дистиллированной водой в соотношении 1:5 в течение 3 минут и отфильтрована.

Самыми лучшими органолептическими показателями (цветность, прозрачность, мутность, запах, вкус) характеризуется питьевая артезианская вода. По запаху, и вкусу водопродонная вода уступает питьевой, а по прозрачности и мутности она считается малоприсгодной для питья. Вода становится мутной вследствие наличия в ней твердых частиц, большинство из которых это почвенные частицы. Вытяжка из почвы близка по органолептическим показателям к водопродонной воде, за исключением показателя прозрачности,

Была определена общая минерализация исследуемых объектов, которая является показателем содержания растворенных в воде веществ. Артезианская вода и водная вытяжка чернозема являются пресными водами (минерализация меньше 0.5 г/л), а водопродонная вода имеет повышенную минерализацию (0.5–1.0 г/л).

По физико-химическим показателям наиболее загрязненной является водопродонная вода, как и в случае органолептических свойств. В ней отмечены повышенные значения по таким показателям, как рН

(7.5), жесткость воды, по железу (III), кальцию, хлоридам, сульфатам и по окисляемости. Поэтому мы рекомендуем не употреблять водопроводную воду для питья, или использовать ее после кипячения и длительного отстаивания.

По всем изучаемым показателям (рН, жесткость, содержание гидрокарбонатов, отсутствие  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , содержание хлоридов и сульфатов) почвенная вытяжка находится между водопроводной и питьевой артезианской водой «Элитной», что доказывает участие почвы в формировании химического состава подземных и речных вод. Особенностью водной вытяжки чернозема в отличии от речной и артезианской воды было отсутствие в ней карбонат-ионов. Это говорит о том, что в составе почвы нет токсичной соды.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. Л.Ю. Гончаровой.

УДК 631.427.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СБОРА ЛИСТОВОГО ОПАДА НА КОЛИЧЕСТВО И РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ

Е.А. Быкова

ГАУО Школа 548, г. Москва, elenabyk07@mail.ru

Purpose of the work: To find out whether the collection of leaf litter affects the number and diversity of microorganisms. According to the results, it can be concluded that in soils with «litter» there are more microorganisms and they are more species-diverse. Colonies «without litter» become poorer in microorganisms.

Сейчас в Москве повсеместно существует практика сбора листового опада. Это способствует эстетичности парков, скверов и придомовых территорий, но может обеднять почву, влиять на разнообразие организмов биогеоценоза, в том числе микроорганизмов. Почвенные микроорганизмы являются важным компонентом экосистемы. Их разнообразие и численность могут влиять на качество почвы, всхожесть растений и растительный состав.

Цель работы: Выяснить влияет ли сбор листового опада на численность и разнообразие микроорганизмов.

Задачи:

1. Собрать пробы почв в местах, где проводится сбор листового опада, и в местах, где такой сбор не проводится (место сбора обеих проб – парк Царицыно, г. Москва). Сбор проб грунта проводился 4 ноября 2020 года.

2. Приготовить среду для выращивания микроорганизмов – мясопептонный бульон. Вырастить в чашках Петри микроорганизмы из проб.

3. Оценить многообразие микроорганизмов в каждой паре проб (с опадом и без опада из одного парка).

Для учета численности микроорганизмов с исследуемого участка бралась средняя почвенная проба.

При подготовке проб почв к микробиологическому анализу были разрушены почвенные агрегаты методом растирания почвы, увлажненной до пастообразного состояния. Образцы были тщательно перемешаны, вынуты корни растений, различные включения.

Приготовили разведения почвенной суспензии. Для засева из нужного разведения пипеткой брали 1 мл суспензии и помещали в чашку Петри, равномерно распределяя по поверхности агара круговыми движениями. Засеянные чашки вверх дном и оставили в помещении на 7 дней.

Колоний микроорганизмов выросло больше в образцах, полученных из проб почв с листовым опадом. Некоторых из них так много, что не представляется возможным их подсчитать.

В образцах почвы из мест с опадом было обнаружено большее количество микроорганизмов, чем в образцах почвы, с которой регулярно убирают опад.

По качественным и количественным результатам можно сделать вывод, что в почвах «с опадом» микроорганизмов больше количественно и они более видоразнообразны: присутствуют разного цвета бактериальные колонии, плесневые грибы и гифы предположительно не плесневых грибов. Колонии «без опада» становятся беднее на микроорганизмы и это может сказаться на качестве и плодородности почвы.

Работа рекомендована студентом магистратуры биологического факультета МГУ Н.С. Ландик и учителем биологии Е.Б. Чистяковой.

УДК: 614.7, 631.4

**ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОКАЗЫВАЕМОГО ПОЛИГОНАМИ ТБО НА  
ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ**

**Б.Е. Быковский**

ГБОУ школа № 197, Санкт-Петербург, bogd2016@yandex.ru

Anthropogenic impact on the state of soils is growing. In the future, irreversible soil degradation will only increase, which will lead to negative

consequences for the state of soils. To date, the greatest danger to soils is represented by non-recyclable plastic waste. One of the possible ways to solve this problem is recycling. It is a modern, effective approach to solving this problem.

С каждым годом, проблема загрязнения окружающей среды становится все более актуальной. Одна из причин – влияние человека на природу посредством гигантского количества выбрасываемых твердых бытовых отходов (ТБО).

Порча плодородного слоя почвы представляет собой частичное или полное разрушение почвенного покрова, характеризующееся ухудшением его физического и биологического состояния, а также снижением (потерей) плодородия почв, вследствие чего использование земельного участка невозможно, либо требует введения специальных ограничений, включая консервацию земель для проведения мероприятий по восстановлению плодородия почв. Эксплуатация земельного участка с испорченным плодородным слоем почвы в средоформирующих целях невозможна без проведения мелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия почв.

Согласно с базой данных, применяемой Росприроднадзором, основная масса ТБО состоит из полимерных материалов: стекла, текстиля, бумаги, картона, металла, резины, а также из пищевых отходов, древесины, растительных остатков, песка, грунта в различном процентном соотношении. Помимо этого, в состав ТБО входят отходы более высокого класса опасности – ртутные лампы, батарейки, масла и промасленные изделия, неорганические вещества (особенно вредны соединения тяжелых металлов и едкие вещества – кислоты, щелочи, а также соли, которые при гидролизе дают кислую или щелочную среду). И многое другое.

ТБО попадают либо на свалки, либо нелегально сразу же в окружающую среду. В России повсеместное раздельное накопление ТБО по компонентам (либо сортировка) с последующей утилизацией на сегодняшний момент практически нереализуемо ввиду экономической нецелесообразности. Исходя из этого, дальнейший путь ТБО после образования лежит через разложение.

Для некоторых ТБО время распада составляет годы, для других – десятки, сотни и даже тысячи лет. Разложение ТБО осуществляется микроорганизмами. В процессе разложения крупные органические молекулы распадаются на более мелкие, неорганические соединения окис-

ляются. Параллельно с этим могут выделяться и новые вещества, если для этого создаются условия.

Если ТБО попадают в почву, то он становится, по сути, химическим и биологическим реактором. В нем будет происходить четыре процесса: 1) накопление продукта разложения; 2) образование и насыщение фильтрата; 3) выделение свалочного газа; 4) размножение патогенных микроорганизмов.

Научный руководитель: Е.Д. Чигалейчик, методист Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева

УДК 631.40

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ВБЛИЗИ ОЗЕРА ЭЛЬТОН

Д.Е. Голубева, А.Н. Акимов, В.Р. Мартынова,

И.Н. Фасевич, Н.В. Дубовицкая

МОУ СОШ № 54 г. Волгограда, dnata29@yandex.ru

Volgograd Region is a subject of the Russian Federation (the administrative center is Volgograd). Pallasovsky municipal district with the administrative center in the urban settlement of Pallasovka is located in the eastern part of the Volgograd region, on the left bank of the Volga River. The district is located in the semi-desert zone of the Caspian province and is the driest in the Volgograd region. The peculiarity of the soil cover is an exceptional complexity, most pronounced in the subzone of light chestnut soils.

Цель: показать уникальные климатические условия, которые изменяют почвенный покров вблизи озера Эльтон.

Задачи:

1. Изучить природные условия территории.

2. Описать почвы территории вблизи озера.

Волгоградская область – субъект Российской Федерации (административный центр – г. Волгоград). Входит в состав Южного Федерального Округа Российской Федерации. С севера на юг и с запада на восток область протянулась более чем на 400 км [1].

Волгоградская область имеет выгодное географическое положение, являясь главными воротами на юг России с выходом на Иран, Кавказ, Украину и Казахстан. В обратном направлении на центральную Россию и Поволжье [3].

Палласовский муниципальный район с административным центром в городском поселении г. Палласовка расположен в восточной ча-

сти Волгоградской области, левобережье р. Волги. Районный центр городское поселение г. Палласовка находится в 300 км северо-восточнее г. Волгограда [2]. Район граничит со Старополтавским районом на севере, с Николаевским и Быковским на западе, с Ленинским районом на юго-западе, с Астраханской областью на юге и восточные границы района совпадают с государственной границей РФ с государством Казахстан. Площадь района составляет 1236,1 тыс. га или 12,36 тыс. кв. км, что превышает средний размер муниципальных районов Волгоградской области в 2–6 раз [2].

Район расположен в полупустынной зоне Прикаспийской провинции и является самым засушливым в Волгоградской области. Расположение в глубине континента и в непосредственной близости к полупустыням и пустыням Средней Азии и Прикаспия определяет континентальный, засушливый характер климата рассматриваемой территории [1].

Особенностью почвенного покрова является исключительная комплексность, наиболее ярко выраженная в подзоне светлокаштановых почв. Мозаичность почвенного покрова определилась многими факторами засушливого климата: высокой испаряемостью осадков (600–800 мм); незначительным выпадением атмосферных осадков (250–300 мм), характером и условием залегания почвообразующих пород (степень засоленности, механический состав), минерализацией и глубиной залегания от дневной поверхности грунтовых вод, бессточностью территории, условиями рельефа и т.п.

#### Литература

1. *Брылев В.А.* Экскурсия в родную природу. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд., 1984. с. 43, 81–83.
2. *Брылев В.А., Сагалаев В.А.* Особо охраняемые природные территории. – Волгоград, 2000 г. 259 с.
3. *Сагалаев В.А.* «Алтын-нур», «Золотое озеро» // Отчий край. 1996 г. № 1 (9) с. 98–104.

## ПОЧВА И ИНТОКСИКАЦИЯ ТАБАЧНЫХ ОКУРКОВ

Т.В. Гребенюк

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
г. Ростова-на-Дону «Школа № 40 имени Восьмой Воздушной Армии»  
tv.breg@gmail.ru

The fact of reducing the toxicity of extracts from cigarette butts after composting it in chernozem for 10 days on a test culture (*Raphanus sativus* var) was revealed, due to the high humus content, absorption capacity and microbiological activity.

Цель работы – изучить качественный и количественный состав полиароматических углеводов табачных окурков и их влияние на растения, а также роль почвы в снижении токсичности.

Объектом исследования были сигареты «DONTАВАК compact» производства ОАО «Донской табак» и их окурки. В качестве тест-культур использовались семена редиса (*Raphanus sativus* var), гороха (*Pisum sativum*) и фасоли (*Phaseolus vulgaris*). Исследуемая почва – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый в Ботаническом саду Южного федерального университета.

На жидкостном хроматографе фирмы Agilent в составе фильтра обнаружено 13 полиароматических (ПАУ) углеводов. Установлено, что количественно преобладают нафталин (736.5 нг), флуорен (521.0 нг) и фенантрен (440.2 нг). Они превышают количество других ПАУ в 3–335 раза. В фильтре окурков общее содержание ПАУ достигает до  $2 \cdot 10^{-5}$  г, что в пересчете на годовой выпуск сигарет в России (416.6 млрд. шт. из них 277.73 млрд штук попадает на поверхность почвы) означает, что в почву поступает около 6.8 тонн ПАУ/год.

Для определения токсичности вытяжки из окурков методом биотестов брали на 1 чашку Петри в разных вариантах (для редиса 100 штук семян, для фасоли 10 штук, для гороха 20 штук) и приливали по 5 мл фильтрата, приготовленного из окурков сигарет из расчета 10 окурков на 100 мл дистиллированной воды. Все чашки помещались в одинаковые условия и проводили наблюдения за прорастанием и ростом семян. Установлено, что наиболее оптимальным по срокам прорастания семян и по чувствительности к воздействию токсичной вытяжки из окурков оказался редис. Установлено наибольшее снижение показателей редиса по сравнению с другими тест-культурами: 21 % по всхожести, 65.5 % по длине корней и 82.90 % по длине стебля (n=3).



Изучение влияния чернозема на фитотоксичность вытяжки из окурков проводили следующим образом: к 50 г почвы ( $n=3$ ), добавляли 50 мл вытяжки из окурков сигарет и оставляли для инкубирования на 10 дней при комнатной температуре 22 °С. После окончания инкубирования к содержимому в колбах добавили 50 мл дистиллированной воды и отфильтровали. Фитотоксичность полученного фильтрата изучали на семенах редиса методом биотеста. Установлено, что почва значительно снижает токсичность вытяжки из окурков – увеличивается процент всхожести семян редиса, длина корней и стеблей и превосходит этот показатель при обработке чистой вытяжки из окурков на 50–70 %.

Скорость снижения интоксикации почвы (разложения ПАУ и других токсичных веществ) зависит в основном от биологической активности почвы, от содержания гумуса, поглотительной способности, видового состава микрофлоры от pH и других факторов.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. Л.Ю. Гончаровой.

УДК 631.40

#### ПРИВОКЗАЛЬНЫЙ ПРУД В НОВОМ ПЕТЕРГОФЕ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ

М.Г. Деткова<sup>1,2</sup>, В.П. Кармалюга<sup>1,2</sup>, С.В. Глебездина<sup>1,3</sup>,

О.Б. Кожина<sup>2</sup>, М.А. Надпорожская<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>ДЮЦ «Петергоф», <sup>2</sup>ГБОУ СОШ № 412, <sup>3</sup>ГБОУ СОШ 411

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский государственный университет  
detkova\_m06@mail.ru

Privokzalny pond in New Peterhof is investigated in 2019–2021 for priority aquatic parameters. Mineralization decreased from 650 to 425 mg/l, chloride content also decreased. The content of ammonium cations in the water is significant. If runoff from the sidewalk were routed to a storm drain instead of a pond, water quality would improve.

Замеры качества воды в городских прудах должны проводиться регулярно. Обследование воды Привокзального пруда не производили более 10 лет. Мы продолжили работу, начатую учеными института озерадения РАН в 2005 г. (Румянцев, Игнатьева, 2006). Наблюдения проводили с октября 2019 по октябрь 2021 г. Объект исследования: пруд на Привокзальной площади (ж/д станция Новый Петергоф). Предмет исследования: качество воды и состояние береговой зоны пруда. Цель работы: оценить экологическое состояние Привокзального пруда. Задачи

работы: описать историю пруда, оценить его размеры; наблюдать за наличием мусора на берегах и в воде пруда; определить доминирующие виды водной растительности; определить качество воды по приоритетным показателям; выявить экологически-опасные факторы; предложить мероприятия по поддержанию чистоты воды пруда и предотвращению разрастания растительности. Определяли: состояние береговой зоны, поверхности воды и растительности; рН, общую минерализацию, интенсивность запаха воды, хлориды и аммоний качественно.

Привокзальный пруд находится на въезде в Петергоф, форма – неправильный овал, 30×70 м, площадь зеркала воды 1535 м<sup>2</sup>. Питание пруда атмосферное и грунтовое. Периодически слабопроточный. Замусоривание берегов и воды пруда стало меньше по сравнению с 2006 г. В составе растительности доминируют ряски малая и трехдольная, рдест плавающий, частуха подорожниковая, сусак зонтичный, тростник обыкновенный и рогоз широколистный. Большинство этих растений – индикаторы мезотрофных и эвтрофных водоемов. С 2008 г. прибрежная и водная растительность активно разрасталась, летом 2021 г. пруд очистили от избытка растений. Качество воды Привокзального пруда по приоритетным показателям удовлетворительное. рН воды за время наблюдений соответствовал требованиям к водоемам культурно-бытового назначения 6.5–8.5. По октябрьским пробоотборам 2019–2021 гг. отмечено понижение минерализации воды с 650 до 425 мг/л, сократилось содержание хлоридов. Предполагаем, что близлежащий тротуар либо перестали обрабатывать антигололедными реагентами, либо их количество уменьшили. Качественная реакция с реактивом Несслера показала высокое содержание катионов аммония в воде. Экологически-опасным фактором являются две трубы и два желоба, отводящие сточные воды с прилегающей территории в пруд. Если эти стоки отвести в ливневую канализацию, эвтрофикация пруда замедлится. Мероприятия экологической оптимизации хозяйственных мероприятий обсуждаем с АО «СПП Флора».

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. М.А. Надпорожской.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОСТРЫ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ (*CANNABIS SATIVUS*)  
В КАЧЕСТВЕ СУБСТРАТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ  
НЕКОТОРЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

А. Каранкевич, А. Титова, Н. Арутюнян  
ГАОУ «Школа № 548», skrassy@mail.ru

The project presents data on the effect of technical hemp bonfires used as a substrate on the growth and development of seed radish, seed cucumber and white mustard. The study in three variants and three repetitions showed that the ground fire of technical hemp had a stimulating effect on plant seedlings, as well as on the development of roots and the aboveground part.

Цель: оценить эффективность применения костры технической конопля в качестве субстрата для выращивания овощных культур на примере редиса посевного, огурца посевного и горчицы белой.

Посев проводился 17.02.2021 в трехкратной повторности в стаканчики с субстратом по вариантам: контроль (почва), костра технической конопля (остатки стеблей 1.5–2 см), а также перемолотая костра конопля (измельченная при помощи кофемолки). У редиса наилучшая всхожесть наблюдается в варианте с перемолотой кострой, а по количеству взошедших семян в варианте с неперемолотой кострой. Наихудшую всхожесть семян мы наблюдали в контроле. У огурца раньше всего проростки начали появляться в контроле – на 13-й день, в костре все появились в один день, в перемолотой костре проростки появлялись на протяжении 3-х дней, а в контроле – 6 дней. В варианте с перемолотой кострой взошли все семена. Меньше всего взошедших семян отмечено в почве. Для горчицы наилучшим вариантом стала перемолотая костра. Спустя 7 недель после посева мы извлекли растения из стаканчиков, измерили длину корней и стеблей, а также их массу. У редиса наилучший результат выявлен для варианта с перемолотой кострой, всходы появились раньше и взошло почти максимальное количество семян. Здесь же отмечено наиболее интенсивное образование биомассы. Для огурца наилучшим вариантом стала перемолотая костра, проростки появились на 1 день раньше, причем, взошли все семена. Также в данном варианте отмечена наибольшая длина корней и надземной части и наибольшей массой. Худшим вариантом оказалась костра: семян взошло меньше всего, длина надземной части, корней и масса проростков отмечена минимальная среди всех вариантов. У горчицы в варианте с

перемолотой кострой появились наиболее крупные и здоровые проростки. Худшим вариантом оказалась неперемолотая костра: семян взошло меньше всего, длины надземной части и корней, а также масса проростков отмечены минимальные среди всех вариантов.

#### Выводы

1. Наилучший результат для редиса выявлен для варианта с перемолотой кострой, всходы появились раньше, чем в других вариантах и взошло почти максимальное количество семян. Для этого же варианта характерно наиболее интенсивное образование биомассы растения.

2. Наилучшим вариантом для проростков огурца посевного стала перемолотая костра. Также в данном варианте мы получили наиболее крупные и сильные растения с наибольшей длиной корней и надземной части и наибольшей массой. Худшим вариантом оказалась неперемолотая костра: семян взошло меньше всего, длина надземной части, корней и масса проростков отмечена минимальная среди всех вариантов.

Работа рекомендована к.б.н. Н.В. Бовиной.

УДК 641.46

### РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ И ПОЧВЕННАЯ МИКРОФЛОРА ЭМБРИОЗЕМОВ РУССКО-БУЙЛОВСКОГО ПЕСЧАНОГО КАРЬЕРА

Д.М. Кривчикова<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,

Krivchikova\_02@mail.ru

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения

РАН, nkashirskaya81@gmail.com

The comparison of the sand quarry embryozems with the background soils near the quarry allowed identifying the high microbiological indicators in these young emerging soils.

В песчаных карьерах после добычи полезных ископаемых наблюдаются процессы самопроизвольного зарастания (Парахина, 2021). Подобный процесс происходит на территории карьера в селе Русская Буйловка. Известно, что накопление органического углерода в почвах может сопровождаться увеличением численности микроскопических грибов (Чернов, Железова, 2020). Целью нашей работы было оценить соотношение численности бактерий и грибов в эмбриоземах Русско-Буйловского песчаного карьера. Для этого был проведен посев микроорганизмов на почвенный агар.

В почве пустынных площадей карьера, занятых солянкой, доля грибов составляла 52 %. В почвах, формирующихся на грунтовой насыпи, она варьировала от 20 до 72 % и была максимальна под злаковой растительностью. В окрестностях водоема суммарная численность микроорганизмов была наиболее высокой, при этом доля грибов не превышала 13 %. Сравнение молодых почв песчаного карьера с залежными почвами в окрестностях карьера свидетельствует о высокой биологической активности эмбриоземов и о сходных закономерностях, таких, как увеличение доли грибных КОЕ в почвах под злаковой растительностью.

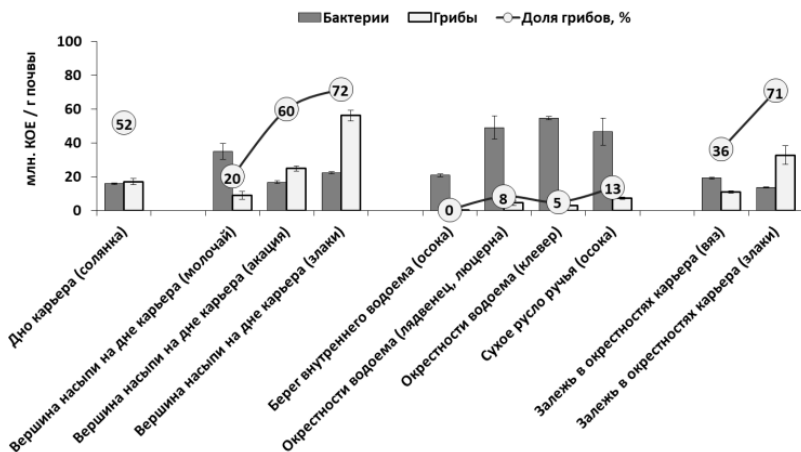


Рисунок. Микробиологические показатели эмбриоземов карьера и залежных почв в окрестностях карьера.

### Литература

1. *Парахина Е.А.* Экологические особенности растений песчаных карьеров Московской области // Москва. – 2021.
2. *Чернов Т.И., Железова А.Д.* Динамика микробных сообществ почвы в различных диапазонах времени (обзор) // Почвоведение. 2020. № 5. С. 590–600.

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЫ  
ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ  
М.Ю. Максакова, К.А. Гусакова, М.П. Балакан,  
Я.Д. Стрекаловский, И.Н. Фасевич, Н.В. Дубовицкая  
МОУ СОШ № 54 г. Волгограда, dnata29@yandex.ru

Soil is a mixture of particles of organic and inorganic substances, water and air. Inorganic soil particles are mineral substances surrounded by a film of colloidal substances of organic or inorganic nature. Organic soil particles are the remains of plant and animal organisms, i.e. humus. In the soil there are all forms of microorganisms that exist on Earth: bacteria, viruses, actinomycetes, yeast, fungi, protozoa, plants. The total microbial number in 1 g of soil can reach 1–5 billion.

Цель: изучить оценку почвы по микробиологическим показателям.

Задачи исследования:

1. Изучить различные методики исследования почв.
2. Провести исследования физических свойств и химического состава почвы.

Почва является естественной средой обитания микроорганизмов. В ней имеются все условия для благоприятного их развития (достаточное количество влаги, органических и минеральных веществ). Из природных субстратов почва наиболее обильно населена микроорганизмами, которые составляют ее постоянную микрофлору. Санитарно-гигиеническая роль этой микрофлоры огромна. Почвенные микроорганизмы участвуют в минерализации органических отходов, самоочищении почвы, в круговороте веществ в природе [2]. Существенное влияние на состав микробиоценозов оказывают агротехнические мероприятия, такие как вспашка, мелиорация, внесение, удобрений, ядохимикатов и др.

Почва – это смесь частиц органических и неорганических веществ, воды и воздуха. Неорганические частицы почвы – это минеральные вещества, окруженные пленкой коллоидных веществ органической или неорганической природы. Органические частицы почвы – остатки растительных и животных организмов, т.е. гумус. Почва обильно заселена микроорганизмами, так как в ней есть все необходимое для жизни: органические вещества, влага, защита от солнечных лучей [1].

Общее микробное число в 1 г почве может достигать 1–5 млрд. В 1 га почвы содержится 1 тонна живого веса бактерий, однако в разных

слоях количество микроорганизмов неодинаково. В самом верхнем слое почвы микроорганизмов очень мало (слой 0.5 см). На глубине 1–2–5 см до 30–40 см число микроорганизмов больше всего [2].

Почва – одна из главных составляющих природной среды, которая благодаря своим свойствам (плодородие, самоочищающая способность и др.) обеспечивает человеку питание, работу, здоровую среду обитания. Нарушение этих процессов, вызванное загрязнением, может оказать неблагоприятное влияние на здоровье людей и животных. Наблюдается распространение инфекционных и инвазионных заболеваний, ухудшение качества продуктов питания, воды, водоисточников, атмосферного воздуха. Это понимание почвы, как одного из главных компонентов окружающей среды, от которого зависят условия жизни и здоровья населения, требует большого внимания к ее санитарной охране [1].

#### Литература

1. *Методическое пособие* по полевой практике, Московский полевой учебный Центр «Экосистема», 2001 г.
2. С.В. Алексеев. Практикум по экологии: М.: АО МДС, 1996. 192 с.

УДК 641.45

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ г. ПЕТРОЗАВОДСКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Р.С. Мотин<sup>1</sup>, Е.В. Дубина-Чехович<sup>2</sup>, М.В. Медведева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МОУ «Лицей № 1»,

<sup>2</sup>ФГБУН ФИЦ «КарНЦ РАН», d-chehovich@yandex.ru

The territories' soil condition of the Petrozavodsk city playgrounds has been assessed using a test culture with the estimation of the soil toxicity index.

Экологический и геохимический мониторинг является необходимой системой мероприятий по оценке состояния городских почв. Наряду с химико-аналитическими исследованиями для характеристики антропогенного загрязнения почвенного покрова городских территорий большое значение имеют методы биотестирования, основанные на интегральной оценке состояния тест-организмов, подвергающихся воздействию загрязнённой среды [О.П. Мелехова и др. 2008]. Цель работы: дать оценку фитотоксичности почв детских игровых площадок г. Петрозаводска с разной техногенной нагрузкой.

Исследование проведено в жилых массивах Петрозаводска. Почвы изучаемых территорий представлены: 1 – *индустриземом* (Pb – 6ПДК, Cu – 2.6ПДК, Zn – 1.6ПДК) в 30 м от детской площадки жилого комплекса «Александровский», построенного на месте Александровского и Онежского тракторного завода; 2 *маломощным урбаноземом* (Pb – 4.4ПДК, Zn – 1.2ПДК, Ni – 1.5ПДК) в 10 м от игровой площадки жилого массива на ул. Володарского (вблизи дороги с интенсивным автомобильным движением); 3 – *маломощным урбаноземом* (Pb – 4.4ПДК, Zn – 1.2ПДК, Ni – 1.5ПДК) на площадке в Парке 300-летия г. Петрозаводска [С.Г. Новиков, 2014]. В качестве контроля использовали почвы заповедника «Кивач». На каждом участке проведен отбор образцов верхнего горизонта почв (0–10 см). Фитотоксичность определяли методом проростков пшеницы (*Triticum aestivum L.*). Норма высева семян на почвы параллельного определения (чашка Петри) – 20 штук, в трех повторностях в каждом варианте. Учет результатов анализа проводили на 10-ый день (измерение длины надземной части, длины корней и массы растений) с расчетом среднего значения индекса токсичности почв (ИТФ) для каждой пробной площади.

Значительное увеличение длины стеблей пшеницы на 18–21 % (ИТФ=1.20; 1.18) и их массы на 34–59 % (1.50; 1.27) выявлено в пробах жилого комплекса «Александровский» и на ул. Володарского соответственно. На первой пробной площадке отмечена стимуляция и массы корней на 58 % (ИТФ=1.55), несмотря на отнесенные к классу нормы их линейные показатели (0.98). Низкий уровень ИТФ (0.80) обнаружен только в пробах почв на игровой площадке по ул. Володарского, который проявился в ингибировании массы корней на 15 % от контрольных образцов. Линейные и весовые показатели корневой системы пшеницы и ее надземной части на пробной площадке в Парке 300-летия Петрозаводска приближены к значениям контроля (ИТФ=0.97–1.01). Исследование фитотоксичности почвы методом проростков показало, что большинство учитываемых показателей тест-культуры имеют отклонения от контрольных образцов. Информативность биотеста позволяет его использовать в мониторинге почв г. Петрозаводска.

Работа рекомендована учителем биологии МОУ «Лицей № 1» г. Петрозаводска С.В. Тимофеевой.



СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ  
РАЗЛИЧНЫХ КУЛЬТУР НА ПРИУСАДЕБНОМ УЧАСТКЕ

П.В. Недбайкин

МАОУ «Гимназия «Краснообская», МБУДО НР «Станция юных  
натуралистов», р.п. Краснообск, stepanenko75@mail.ru

In conditions of intensive use of the garden, soil depletion in nutrients and a decrease in effective fertility are inevitable. In our work, we evaluate the changes in the composition and properties of the soil when growing different crops in the beds.

В процессе использования почв приусадебных хозяйств происходит выветривание минеральной основы почв и вынос питательных веществ, изменение ее структуры. Эта проблема еще более актуальна, если использование земли агроценоза, осуществляется более 10 лет, так как идёт постоянное отчуждение элементов питания вместе с урожаем. Наш земельный участок использовался предыдущими хозяевами более 15 лет. В этом году с грядки было вынесено более 300 кг растительной биомассы. В своей работе мы оцениваем изменения состава и свойств почвы при выращивании разных культур на грядках.

Цель проекта: выявление изменений почв при выращивании разных культур. Был проведен стационарный краткосрочный опыт, который показал изменение некоторых химических характеристик почвенных образцов. В результате проведения детальных агроэкологических исследований была выявлена типология почв приусадебного участка.

Все образцы почвы относятся к тёмно-серым чернозёмам, лёгкому суглинку, имеют мелкокомковатую структуру. Данный тип почв широко распространен в Новосибирской области. Для исследования почв на приусадебном участке были выбраны 7 точек опробования. В каждой точке было отобрано по 4 смешанному образцу на глубинах 0–5 см и 5–20 см. Оценивались механические и химические показатели почв, а также содержание органического вещества. Результаты представлены в таблице.

Анализ таблицы показал, что наибольшим изменениям подвержена почва при выращивании семейства тыквенные. При проведении физико-химических анализов образцов выявлено, что наибольшим изменениям подвержено содержание органического углерода и нитратов.

Практическая значимость проекта состоит в том, что результаты исследования станут основой для теоретических расчетов доз внесения

различных удобрений и разработки практических рекомендаций для садоводов с длительным использованием приусадебного участка по повышению плодородия почв.

Таблица. Динамика химического состава почвы.

Образец почвы	Собранная биомасса, кг	% органических веществ в почве		Количество нитратов, мг		Кислотность почвенных образцов, pH	
		До	После	До	После	До	После
Огурцы	50–70	32	30	10	9	7.5	7.5
Кукуруза	20–30	23	22	5	5	7.3	7.3
Помидоры	50–70	42	40	5	5	7.2	7.2
Картофель	30–40	28	26	5	5	7.0	7.0
Арбуз	30–40	26	25	10	8	7.2	7.6
Тыквы, кабачки	120–140	43	41	40–50	35–40	7.0	7.2
Свёкла	50–60	23	23	5	5	7.0	7.0

Работа рекомендована учителем биологии МАОУ «Гимназия «Краснообская», педагогом доп. образования МБУДО НР «СЮН» О.Л. Степаненко.

УДК 631.40

### ПОЧВЫ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «КАЗАНСКИЙ ДЕНДРАРИЙ»

Г.Х. Отаева<sup>1</sup>, К.Л. Айбатова<sup>1</sup>

Педагоги: А.Б. Александрова<sup>2</sup>, И.Г. Кайнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>МБОУ «Школа № 144», Казань, <sup>2</sup> ИПЭН АН РТ, ЦДТ «Танкодром», Казань, adabl@mail.ru

The soils of the natural monument of regional significance «Kazan Arboretum» are represented by medium loamy, medium and high humus replantozems.

Памятник природы (ПП) регионального значения «Казанский дендрарий» расположен на улице Товарищеской в Вахитовском районе г. Казань (Республика Татарстан (РТ)). ПП был организован в 1948 году советскими учеными-лесоводами Д.И. Морохиным, А.А. Бобровским, Д.И. Дерябиным. На площади 1.2 га в условиях ровного рельефа было высажено 105 видов и сортов различных древесных и кустарниковых

пород из Северной Америки, Европы и Азии. В настоящее время сохранилось 65 видов и сортов древесных и кустарниковых пород (в том числе 31 местный и 34 интродуцированных) произрастающих на газонах.

Актуальность исследования объясняется отсутствием данных о почвенном покрове ПП «Казанский дендрарий» в Государственном реестре особо охраняемых природных территорий в РТ. Цель работы: изучить особенности формирования и свойства почв ПП «Казанский дендрарий».

Объектом изучения в летний период 2021 года на территории ПП «Казанский дендрарий» были почвы пяти самых больших по площади газонов. На каждом газоне закладывался почвенный разрез, проводилось описание проективного покрытия растительности, отбирались методом конверта смешанные образцы верхнего горизонта (0–10 см). В местах отбора смешанных образцов измерялась мощность листовенного опада. Изучение химических свойств десяти почвенных образцов (рНводн. и содержание гумуса) проводили общепринятыми в почвоведении методами. Описание почв проводилось согласно Классификации и диагностике почв 2004 г.

Выводы: 1. Проективное покрытие растительности исследованных газонов, в зависимости от сомкнутости крон произрастающих на них деревьев, варьировало от 5 % до 100 %. Низкое проективное покрытие растительности и местами его отсутствие отмечалось на газонах со сплошной сомкнутостью крон деревьев, высокое – на газонах с сомкнутостью крон деревьев менее 0.3.

Мощность листовенного и листовенно-хвойного опада на газонах с произрастанием листовенных пород не превышала 2.8 см, хвойных пород (туя западная, ель колючая, сосна сибирская) – в среднем составила 3.7 см.

2. Почвенный покров ПП «Казанский дендрарий» представлен реплантоземами. Верхний искусственно-гумусированный горизонт (мощностью 10–12 см) характеризовался серо-коричневой окраской, среднесуглинистым гранулометрическим составом и уплотненным сложением.

3. Реакция среды водной вытяжки изученных почв варьировала от близкой к нейтральной до слабощелочной. Содержание гумуса изменялось в диапазоне от среднего (3.2 %) до высокого (5.6 %).

Работа рекомендована к.б.н. А.Б. Александровой.

СОРТОИСПЫТАНИЕ ОГУРЦОВ  
В УСЛОВИЯХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Сутеев

Центр дополнительного образования «Созвездие» г. Тутаева  
tmr-sozvezdie@mail.ru

As part of the experiment, five cucumbers sorites were tested by the Semko agricultural company in the Yaroslavl region. Soil parameters were determined. Climate conditions were taken into account. The yield of cucumbers was determined by the number and total weight.

Работа проводилась в рамках конкурсного испытания сортов и гибридов растений собственной селекции агрофирмы Семко. Цель исследования: определить, какой сорт огурцов даст лучший урожай в условиях Ярославской области. Задачи: 1) вырастить пять сортов огурцов; 2) сравнить урожайность пяти сортов огурцов. Объект исследования: Огурцы сорта Отелло F1, Артек F1, Орлёнок F1, Каскадёр F1 и Дездемона F1. Предмет исследования: урожайность огурцов (вес, количество). Была выдвинута гипотеза: Урожайность огурцов будет выше в сорте Каскадер F1, так как по описанию сорта у него самая высокая урожайность с квадратного метра.

*Результаты исследования.* Эксперимент проводился на дачном участке СНТ «Волжанин» Тутаевского района Ярославской области. Климатические условия лета 2020 года позволили вырастить урожай огурцов. Почва на участке представляет средний суглинок (определено «мокрым» методом). Показатель рН почвы, определенный по ГОСТ 26483-85 равен 6.608, что относится к нейтральному значению. Это значение достигалось известкованием почвы в предыдущие годы. Семена огурцов были посажены 31.05.2020 года в трех повторностях каждый сорт. В течение лета осуществлялся одинаковый уход за растениями. Общие данные по результатам исследования представлены в табл.

В огурцах сорта Орлёнок F1 самая низкая всхожесть (33 %), самая высокая всхожесть в огурцах сорта Артек F1 (67 %). В сорте огурцов Каскадер F1 и Дездемона F1 одинаковая всхожесть.

Для статистической обработки результатов исследования использовался дисперсионный анализ. Средняя урожайность одного растения огурцов варьировалась от 1434 граммов в сорте Каскадер F1 до 2002 граммов в сорте Артек F1. Важный показатель – НСР, которая равна

нулю, таким образом, существенной разницы между пяти сортами огурцов по урожайности нет.

Таблица. Результаты исследования.

Сорта	Орлёнок F1	Отелло F1	Каскадёр F1	Дездемона F1	Артек F1	ВСЕГО
Кол-во растений, шт.	6	8	10	10	11	45
Кол-во огурцов, шт.	93	104	147	157	185	686
Вес, г	8087	9316	13861	19374	22548	73186
Сред. вес огурца, г	89	90	94	123	122	107

Гипотеза не подтвердилась, наилучшим сортом огурцов по урожайности в рамках эксперимента стал Артек F1.

Работа рекомендована педагогом дополнительного образования, И.В. Кочиной. Консультант: к.с.-х.н., доц. каф. агрономии ЯГСХА Т.П. Сабировой.

УДК 641.46

## ОБИЛИЕ ТЕРМОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ ЗАБРОШЕННОГО ТРАДИЦИОННОГО ДОВОМЛАДЕНИЯ СЕЛА РУССКАЯ БУЙЛОВКА

У.Е. Челнакова<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,  
ulianatchelnakova@yandex.ru

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение Федерального Исследовательского Центра «Пушинский Научный Центр Биологических Исследований Российской Академии Наук», nkashirskaya81@gmail.com

The Study of thermophilic microorganisms in the soils of abandoned traditional rural household allowed revealing various zones of agricultural development of this territory.

Известно, что в почвах источниками термофильных микроорганизмов являются навоз и компост – субстраты, способные к саморазогреванию и используемые в качестве удобрений (Мишустин и др., 1979; Чернышева и др., 2016). Целью нашей работы было оценить численность термофилов в почвах сельского домовладения, забро-

шенного около 20 лет назад, методом посева на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду.

Результаты работы представлены на рисунке. В саду перед фасадом жилого дома численность термофильных бактерий была на порядок выше, чем на участках вблизи хозяйственных построек. На приусадебном участке была выявлена ближняя зона, удобрявшаяся до запуска усадьбы, и дальняя зона, которая перестала удобряться значительно раньше. Здесь численность термофилов была меньше, чем на заброшенном поле в 125–170 м от усадьбы.

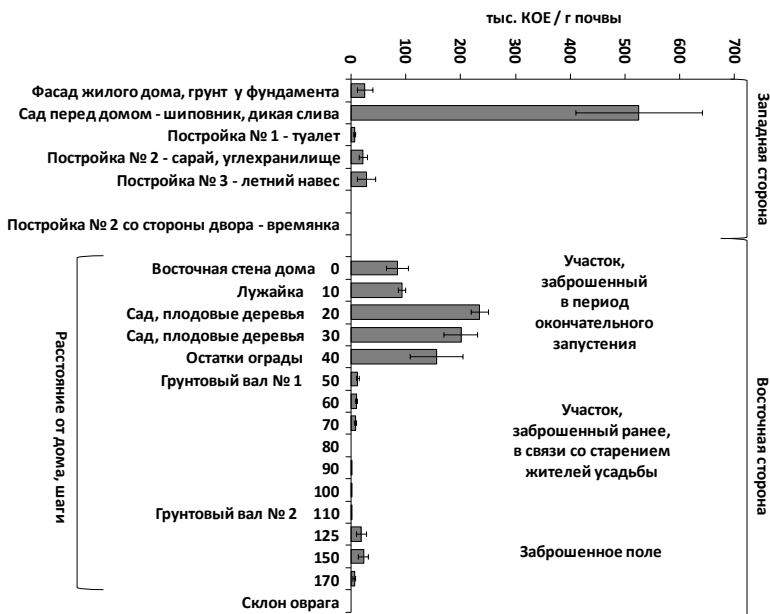


Рисунок. Численность термофильных микроорганизмов в почвах традиционного сельского домовладения, заброшенного около 20 лет назад.

### Литература

1. Мишустин Е.Н., Перцовская М.И., Горбов В.А. Санитарная микробиология почвы. 1979. М.: Наука. 304 с.

2. Чернышева Е.В., Борисов А.В., Коробов Д.С. Биологическая память почв и культурных слоев археологических памятников. М.: ГЕОС. 240 с. ISBN 978-5-89118-729-0. 2016.

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ  
НА ПОЧВЕННОЕ ДЫХАНИЕ

Е.В. Чехов<sup>1</sup>, Н.А. Скосырский<sup>2</sup>, О.Г. Лопатовская<sup>3</sup>

<sup>1</sup>МБОУ г. Иркутска Лицей № 3

<sup>2</sup>ИГ СО РАН Институт Географии им. С. Сочавы

<sup>3</sup>Иркутский государственный университет, egor.chekhw.2005@mail.ru

Currently, there is an acute problem of soil pollution under the influence of the human factor. The purpose of this work is to assess the influence of various anthropogenic factors on one of the most important indicators of soil health – microbial respiration. Respiration of urban soils was assessed according to the following factors: heavy metals, deicing agents.

В современном мире из-за человеческой деятельности в природе происходят различные изменения. В частности, из-за использования противогололедных средств (ПГС) происходят те или иные изменения в составе почвы, в том числе с сообществом почвенных микроорганизмов. Эта проблема является актуальной и важно знать, как ПГС влияют на микробное сообщество и в каких количествах целесообразно их применять.

Целью данной работы явилось проведение анализа интенсивности бактериального дыхания при воздействии различных антропогенных факторов, таких как противогололедные реагенты и тяжелые металлы. Для проведения данного исследования были собраны образцы почв до противогололедной обработки, в ноябре и после противогололедной обработки, в феврале. Было выбрано 4 района города, на территории которых дороги обрабатываются противогололедными реагентами.

Анализ проводился с помощью полевой методики определения микробного дыхания, методом щелочного поглощения. Результаты были проанализированы с помощью методов статистики (среднее арифметическое, медиана, мода).

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.Г. Лопатовской.

ЭКОСИСТЕМА ЧЕРНОЗЁМОВ ЮЖНЫХ ОБЫЧНЫХ  
МАЛОМОЩНЫХ НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЕЛЬ СТЕПНОЙ ЗОНЫ  
ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

Г.А. Чуенко, Р.К. Файзулин, З.Е. Орчикова  
КГУ ОШ № 52, Алматы, Казахстан, g.chuyenko@gmail.com

The purpose of the author's work was to study the current state of the soils of the steppe zone of Eastern Kazakhstan. Following the results of the trip to the region, the ecological relationship of vegetation with low-power chernozems was determined, which will allow the formation of environmental recommendations of the soil layer protection algorithm for the conditions of the steppe zone.

Актуальность данной работы предполагает возможное улучшение в состоянии экосистемы изучаемой территории с вероятностью использования в природоохранном аспекте сельского хозяйства района.

Целью исследования является описание почвенного профиля по морфологическим признакам, описание типов растительности и установление экологической взаимосвязи типа растительности с типом почвы.

Главной задачей работы является определение взаимосвязи почвы с экосистемой, в которой она находится, а также установление влияния вида почвы на типы растительности. Предметом исследования является биологический комплекс связей почвенного среза и растительность над ним. Для описания почвенного профиля по морфологическим признакам был использован алгоритм процесса отстаивания водного почвенного раствора для определения гранулометрического состава, использованы элементы методики определения влажности по цвету почвы и методики проверки на карбонаты с помощью 10 % раствора HCl в воде, измерение плотности сложения почв производилось твердометром.

Результаты данной работы обращают внимание на определённые потребности в природоохранных действиях для грамотной защиты почвы, т.к. тщательное исследование всех параметров почвы поможет повысить агрономическое проективное покрытие, способствующее сохранению почвенной биоты и дальнейшей грамотной эксплуатации сельскохозяйственного ресурса. Итоги исследования представлены полным описанием почвенного среза по морфологическим признакам, описанием видового разнообразия растительности на данном типе почвы, схе-



матическим построением взаимосвязей между типом почвы и флористической экосистемой.

Работа рекомендована ст. преподавателем Р.К. Файзулиным и почвоведом З.Е. Орчиковой.

УДК 641.46

САПРОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ПОЧВАХ  
ЗАБРОШЕННЫХ УСАДЕБ И ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА  
МЕЛОВЫХ ГОРАХ ДОНСКОГО ПРАВОБЕРЕЖЬЯ

П.Г. Шевченко<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка, tsh77@mail.ru

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение Федерального Исследовательского Центра «Пушинский Научный Центр Биологических Исследований Российской Академии Наук», nkashirskaya81@gmail.com

Microbiological studies of the soils from the abandoned settlements and tourist sites on the right bank of the Don River showed a higher proportion of saprotrophic bacteria in anthropogenic-transformed soils, compared with natural soils.

Ландшафты Подгоренского района Воронежской области на правом берегу Дона представляют интерес для туристов. Почвы здесь испытывают антропогенную нагрузку, которая может приводить к увеличению доли сапротрофных бактерий в микробном сообществе (Мишустин, 1979). Целью работы было определить вклад сапротрофных бактерий в микробные сообщества почв туристических мест, испытывающих влияние человека в настоящее время, и почв заброшенных участков, покинутых людьми несколько десятилетий назад.

Образцы отбирались из верхних горизонтов на берегу Дона и в пойменном лесу; у подножия Буй-Камня – выхода гранита, который использовался в 1860 году для строительства памятника Петру I в г. Воронеже; в окрестностях храма Архангела Михаила и на территории заброшенной сельской усадьбы (село Украинская Буйловка); в окрестностях Поклонного Креста (Белогорский монастырь).

Результаты работы, представленные на рисунке, показывают, что в почвах, испытывавших антропогенное влияние, в большинстве случаев наблюдалась более высокая доля сапротрофных бактерий.

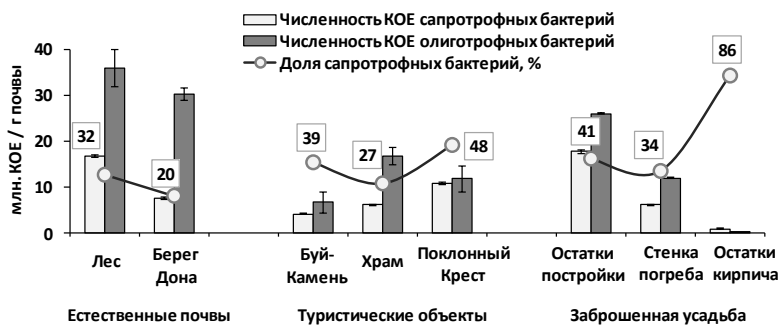


Рисунок. Численность и доля сапротрофных бактерий в верхних горизонтах естественных и антропогенно преобразованных почв Донского Правобережья.

### Литература

1. Мишустин Е.Н., Перцовская М.И., Горбов В.А. Санитарная микробиология почвы. 1979. М.: Наука. 304 с.

Работа рекомендована Каширской Т.П., учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская.

## Алфавитный список авторов

Bakoeva G.....	7	Rajput V.D. ....	7, 8
Barbashev A.....	7	Ranjan A. ....	8
Bauer T. ....	6	Sedlák L. ....	79
Bayero M.T.....	6	Shuvaev E. ....	7
Chernikova N. ....	7	Sushkova S. ....	6, 7, 8
Delegan Y. ....	8	Vybornova O. ....	80
Demin K.....	8	Wang Hao ....	172
Dudnikova T. ....	7	Zhang Liangmiao ....	82
Elgendy H. ....	8	Zhao Hengkang ....	134
Erdel E. ....	78	Абитов И.И. ....	173
Ferreira A. ....	10	Аверьянов А.А. ....	83
Ferreira C.S.S.....	10	Агаджанова Н.В. ....	83
Gui Han.....	9	Азиков Д.А. ....	13
Johar J. ....	8	Айбатова К.Л. ....	216
Klíč R.....	10	Акимов А.Н. ....	204
Kolganova A. ....	11	Аксенич В.А. ....	200
Kravka M. ....	10	Александров Н.А. ....	87, 96
Kumari A. ....	8	Александрова А.Б. ....	216
Lobzenko I. ....	7	Амирджанов Ф.Ф. ....	29
Lu Xingyu ....	12	Аникина Е.А. ....	14
Mandzhieva S. ....	6	Антоненко Е.А. ....	24
Mazarji M. ....	6	Антоненко С.А. ....	17
Mikhailsoy F. ....	78	Антонова С.А. ....	135
Moja M.B.....	7	Арутюнян Н. ....	209
Plisková J. ....	79	Бакоева Г.М. ....	24
Pospíšilová L.....	79	Балакан М.П. ....	212
		Барбашев А.И. ....	24
		Барбашин Д.Д. ....	174
		Бауэр Т.В. ....	17, 61
		Безбердая Л.А. ....	180

Бобрик А.А. ....	176, 192	Жаксылыков Н.Б. ....	180
Бодалев К.А. ....	84	Жарких И.А. ....	94
Болквядзе Д.Э. ....	177	Жигалева Я.С. ....	96
Бондаренко И.А. ....	69	Жулидова Д.А. ....	195
Бузылёв А.В. ....	100	Жунусова О.Р. ....	28
Бурачевская М. ....	61	Журавлева В.И. ....	97
Быкова Е.А. ....	201		
Быковский Б.Е. ....	202	Замулина И.В. ....	69
		Затонских А.А. ....	189
Варфоломеева И.А. ....	136	Зинченко В.В. ....	29
Визирская М.М. ....	87		
Воеводская А.А. ....	86	Иванов Е.Д. ....	31
Волкова В.Д. ....	179	Иванова В.Д. ....	32
Волошина М.С. ....	46	Иванова Н.С. ....	99
		Игнашева А.В. ....	34, 113
Гвоздь В.К. ....	87	Идрисов И.А. ....	152
Глебездина С.В. ....	207	Ильясов Л.О. ....	35
Глухарева С.В. ....	19	Илюшкова Е.М. ....	100
Голубева Д.Е. ....	204	Иовчева А.Д. ....	37
Горбачева А.Ю. ....	135		
Горовцов А.В. ....	29	Кайнова И.Г. ....	216
Горохова С.М. ....	90	Калеро В. ....	42
Гребенюк Т.В. ....	206	Каранкевич А. ....	209
Гусакова К.А. ....	212	Кармалюга В.П. ....	207
		Качанович П.В. ....	39
Даова К.Х. ....	20	Каширская Н.Н. ....	129, 167, 210, 219, 223
Дёмина С.А. ....	49	Киушов А.А. ....	143
Денисова Е.Э. ....	138	Кожина О.Б. ....	207
Деревенец Е.Н. ....	93, 193	Козлова И.А. ....	40
Деткова М.Г. ....	207	Козьменко С.В. ....	29
Добровольская В.А. ....	140	Колодкин Н.В. ....	42, 179
Досмаганбет Ж.А. ....	22	Комолкина Н.А. ....	144
Дубина-Чехович Е.В. ....	213	Коршунова Н.О. ....	193
Дубовицкая Н.В. ....	204, 212	Котик Е.П. ....	22
Дударева Д.М. ....	141	Кошкина П.С. ....	44
Дудникова Т.С. ....	24	Крепакова М.Р. ....	46
		Кривчикова Д.М. ....	210
Егорова С.А. ....	26	Крыпин Д.Д. ....	48
Еримбетова М.У. ....	22		

Кузнецова А.С. ....	174	Рахимов Р.Р. ....	112
Куликова А.И. ....	102	Родин Н.С. ....	110
Лазарева М.А. ....	182	Рычагова А.Г. ....	42
Лебединский М.И. ....	146	Рязанов С.С. ....	113
Лопатовская О.Г. ....	221	Сазанова Е.В. ....	72, 155
Мазарджи М. ....	61	Сальник Н.В. ....	157
Макарова Т.Д. ....	189	Саранина П.А. ....	53
Максакова М.Ю. ....	212	Саркулова Ж.С. ....	22, 55
Мальцева В.В. ....	147	Сверчкова А.Э. ....	115
Мартынова В.Р. ....	204	Сергеева Ю.Д. ....	58
Махиня К.И. ....	49	Серегин И.А. ....	96
Медведева М.В. ....	213	Сизоненко К.И. ....	60
Мезин А.Г. ....	148	Скосырский Н.А. ....	221
Мешалкина Ю.Л. ....	135, 140	Скрипников П.Н. ....	159
Митина А.П. ....	184	Скурихина П.Д. ....	160
Моргач Ю.Р. ....	103	Смирнов Н.С. ....	162
Морозова Д.С. ....	149	Солодунова Д.А. ....	116
Мотин Р.С. ....	213	Сонгулов Е.Е. ....	163
Мухаметзянов Р.Р. ....	34	Спыну М.Т. ....	100
Мухиев Б. ....	105	Стадник Е.П. ....	118
Надпорожская М.А. ....	207	Стрекаловский Я.Д. ....	212
Наскидаева Е.А. ....	87	Сутеев М.А. ....	218
Недбайкин П.В. ....	215	Сушкова С.Н. ....	29, 46
Нефедова А.С. ....	46	Таджибаева З.Б. ....	173
Новиков Е.А. ....	107	Тимофеева А.Г. ....	61
Овчинникова О.Ю. ....	51	Титова А. ....	209
Озеров Д. ....	185	Тихоненко Е.И. ....	24
Орчилова З.Е. ....	222	Тосхопоран А.К. ....	63
Отаева Г.Х. ....	216	Трунова Е.О. ....	105
Перевышина К.М. ....	108	Тукур Б.М. ....	61
Петросян А.А. ....	109	Тыниссон А.Э. ....	64
Пинской В.Н. ....	110, 152	Усенко Д.Ю. ....	165
Потапова А. ....	109	Файзулин Р.К. ....	222
Прохоров А.А. ....	153	Фарходов Ю.Р. ....	66
		Фасевич И.Н. ....	204, 212

Фаткуллина А.З. ....	120
Федоренко А.Н. ....	67
Федоренко Е.С. ....	69
Фортова С.М. ....	196
Фролова Л.С. ....	121
Хасанова А.Х. ....	70
Холостов Г.Д. ....	72, 155
Храбров Н.А. ....	35
Хронюк О.Е. ....	17
Цицуашвили В.С. ....	17
Челнакова У.Е. ....	219
Чехов Е.В. ....	221
Чеченков П.Д. ....	102
Чуенко Г.А. ....	222
Шабалина Д.М. ....	140
Шаймухаметова Ч.Д. ....	90
Шайхутдинов А.Г. ....	34, 113
Шайхутдинова В.Р. ....	123
Шаламов Д.И. ....	87
Шаохуэй Сюй ....	73
Шатских К.Н. ....	187
Шевченко П.Г. ....	223
Шуваев Е.Г. ....	24
Щербakov А.П. ....	17
Юрин А.С. ....	124
Юршенас Д.А. ....	126, 129, 167
Юшкина В.А. ....	189
Ярославцева Н.В. ....	66



Научное издание

**Материалы Международной научной конференции  
XXV Докучаевские молодежные чтения**

**ПОЧВА – ЖИЗНЬ**

Печатается без издательского редактирования

Компьютерная верстка – А.Г. Рюмин

Подготовка обложки – А.Г. Рюмин

На обложке использован рисунок «Почва – жизнь» –  
художник П.А. Абрамичев

---

Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 26.02.2022 г.

Формат бумаги 60х90/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 13,26. Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

---

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии ООО «Переплётный Центр»

191121, Санкт-Петербург, пр. Римского-Корсакова, д. 109-111

Тел.: (812) 622-01-23

email: 6220123@mail.ru