

Учреждение образования
«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»
Гродненский областной комитет природных ресурсов
и охраны окружающей среды
Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета
Университет в Белостоке (Польша)
Каунасский технологический университет (Литва)
Лодзинский университет (Польша)



**КТУАЛЬНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ**

Сборник научных статей
по материалам XII Международной
научно-практической конференции

(Гродно, 4–6 октября 2017 г.)

Гродно
«ЮрСаПринт»
2017

УДК 504(063)
ББК 20.1
А43

Редакционная коллегия:

В.Н. Бурдь (отв. ред.), Г.Г. Юхневич, И.М. Колесник, О.М. Третьякова

Рецензенты:

Заводник И.Б., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биохимии
Учреждения образования «Гродненский государственный университет им. Я. Купалы»;

Макарчиков А.Ф., доктор биологических наук, заведующий кафедрой химии
Учреждения образования «Гродненский государственный аграрный университет».

А43 Актуальные проблемы экологии [Электронный ресурс]: сб. науч. ст. по материалам XII
Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 4–6 окт. 2017 г.) / Гродн. гос. ун-т; ред. кол. :
В.Н. Бурдь (отв. ред.), Г.Г. Юхневич, И.М. Колесник, О.М. Третьякова. – Электрон. текст.
дан. (6,4 Мб). – Гродно : ЮрСаПринт, 2017. – 268 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). –
Систем. требования: PC; Windows 7, 8, 10; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.
ISBN 978-985-7134-42-6

В сборнике представлены материалы исследователей Беларуси, России, Польши, Литвы, Латвии, Казахстана, посвященные теоретическим и практическим аспектам сохранения биоразнообразия, влияния факторов окружающей среды на биологическую активность организмов, совершенствования методов экологического мониторинга. Рассматривается достаточно широкий спектр вопросов рационального использования водных и почвенных ресурсов, ресурсов атмосферы. Представлен опыт деятельности по экологическому образованию и просвещению в интересах устойчивого развития. Адресуется студентам, магистрантам, аспирантам и преподавателям средних и высших учебных заведений, научным сотрудникам.

**УДК 504(063)
ББК 20.1**

ISBN 978-985-7134-42-6

© УО «ГрГУ им. Я.Купалы», 2017
© Оформление ООО «ЮрСаПринт», 2017

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

UDC 615.32

BADANIA CHEMOTAKSONOMICZNE WYBRANYCH GATUNKÓW ZIÓŁ – PRZEGLĄD METOD BADAWCZYCH

K. Kucharska-Ambrożej

Zakład Chemii Środowiska, Instytut Chemii, Uniwersytet w Białymstoku, Białystok

Для определения химического профиля трав использованы разные техники химического анализа а также хеометрические техники. Точная идентификация хеометрического типа позволяет уточнить в систематизацию проблемы о таксономии лечебных трав.

Ключевые слова: лечебные травы, вторичные метаболиты, хемотаксономия, хеометрические техники.

Badania w kierunku określenia chemotypu, czyli fenotypu chemicznego [1] danej rośliny, oraz identyfikacja metabolitów wtórnych w roślinach dostarczają informacji, które w połączeniu z poznanymi danymi służyć mogą do usystematyzowania wiedzy o taksonomii roślin. Dokładne określenie chemotypu wykorzystywane jest w badaniach nad taksonomią roślin, gdyż zawartość składników chemicznych – metabolitów wtórnych i pierwotnych może ułatwić wyodrębnienie poszczególnych taksonów [2]. Naukowcy próbują zintegrować dane molekularne z innymi danymi: cechami morfologicznymi, anatomicznymi, chromosomowymi i chemicznymi [2, 3]. Uzyskane dane chemiczne służą do ulepszenia klasyfikacji roślin i wykorzystywane są w chemotaksonomii zw. chemosystematyką, taksonomią chemiczną [2]. Ta dziedzina wiedzy jest przydatna do znalezienia podobieństw lub różnic w składzie chemicznym ziół i może być przydatna do określenia, które zioła i ich odmiany wykazują podobne właściwości lecznicze. Dodatkowo systematyka roślin pomoże w sporządzeniu spisu roślin i opisu również zagrożonych gatunków, które mogą wyginąć zanim zostaną opisane i zbadane pod kątem ich użytecznego zastosowania [4].

Substancje obecne w ziołach to głównie metаболиты pierwotne oraz metаболиты wtórne.

Do metabolitów wtórnych w zależności od lokalizacji w roślinie oraz pełnionej funkcji zaliczane są: flawonoidy, alkaloidy, terpeny, glikozydy, związki fenolowe, garbniki, gorycze, pektyny, śluz, witaminy, składniki mineralne. Właściwości chemiczne ziół są determinowane przez obecność określonych związków biologicznie czynnych, zwanych substancjami czynnymi. Informacje o ich cechach wykorzystywane są w medycynie i farmacji. Badana jest aktywność przeciwbakteryjna, antygrzybicza, antynowotworowa i lecznicze właściwości wyciągów z ziół. Wiedza o składzie chemicznym surowca zielarskiego przydatna jest także w produkcji kosmetyków i żywności, składniki biologicznie czynne stosowane są jako substancje zapachowe, barwniki, antyoksydanty. W rolnictwie i ekologii zainteresowanie metabolitami wtórnymi związane jest z poszukiwaniem nowych sposobów zwiększania odporności roślin na warunki środowiska, choroby lub szkodniki [1, 2, 5].

W analizie metabolitów wtórnych roślin do celów taksonomicznego określenia profilu chemicznego stosowane są różne techniki analizy, które są oparte na metodach chromatograficznych, spektrometrii mas, spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego oraz spektroskopii ramanowskiej i spektroskopii w podczerwieni.

Analizowano różne gatunki roślin zielarskich, zbierane w różnorodnych lokalizacjach geograficznych. Uzyskane wyniki poddano dodatkowo analizie chemometrycznej w celu znalezienia

podobieństwa lub różnic pomiędzy badanymi gatunkami roślin i możliwości zastosowania uzyskanych danych w klasyfikacji taksonomicznej.

Przy użyciu spektrometrii mas zbadano zawartość związków polifenolowych w malinach [6].

Stosując techniki łączonych chromatografię gazową z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (GC-FID) oraz chromatografię gazową sprzężoną z spektrometrem mas (GC-MS) zidentyfikowano metabolity wtórne w roślinie starzec z rodziny astrowatych [7] oraz w ożance czosnkowej - gatunek rośliny z rodziny jasnowatych [8, 9] w cząbrze [10] oraz w nasionach ostróżeczki, ostróżki, czarnuszki z rodziny jaskrowatych [11] a także w odmianach dziurawca [12, 13, 14, 15, 16] i w odmianach szałwii [17] w mikołajku [18] oraz w odmianach mięty [19] Stosując chromatografię gazową sprzężoną ze spektrometrem mas (GC-MS) zbadano odmiany dymnicy [20] Przy użyciu spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR) badano owoce witani ospałej –rośliny z rodziny psiankowatych [21] mikołajek [18] i mięte [19] Odmiany mięty badano także stosując spektroskopię Ramana [22], którą zastosowano w analizie nasion roślin należących do rodziny selerowatych takich jak: włóczydło polne, marchew, biedrzyca obcy, kłobuczka [23]. Za pomocą techniki spektroskopii bliskiej w podczerwieni, spektroskopii Ramana z transformacją Fouriera oraz techniki spektroskopii osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni zbadano składniki chemiczne pozyskane z majeranku, oregano [24, 25] oraz z rumianku i tymianku [25] oraz odmian krwawnika [26] Stosując spektroskopię UV przebadano tymianek, co pozwoliło na znalezienie różnic w gatunkach pokrewnych [27] oraz spektroskopię UV-VIS badano metabolity w próbkach cząbra [10]. W bazyli eugenolowej zidentyfikowano flawonoidy stosując metodę chromatografii ciecząową połączonej ze spektrometrią mas (LC-MS) oraz chemiczną jonizacją próbki APCI [28].

Wyniki uzyskane w powyższych badaniach poddano analizie technikami chemometrycznymi, a dokładniej analizie głównych składowych (PCA), w celu znalezienia podobieństw lub różnic w chemotypach wybranych gatunków ziół. Dzięki zastosowaniu chemometrii wizualnie przedstawiono zależności taksonomiczne pomiędzy roślinami.

Wnioski: Użycie chemometrii w połączeniu z metodami analizy to narzędzie, jakie z powodzeniem może być wykorzystywane do szybkiej identyfikacji metabolitów wtórnych, badania ich zawartości w różnych częściach roślin, oceny autentyczności surowca zielarskiego w kontroli jakości, właściwości leczniczych ziół, ich pochodzenia geograficznego oraz umożliwienia przyporządkowania gatunku rośliny do danej rodziny.

Dane chemiczne pozyskane dzięki metodom instrumentalnym w połączeniu z technikami chemometrycznymi służyć będą uzupełnieniu, weryfikacji lub udoskonaleniu istniejącej klasyfikacji roślin o znaczeniu zielarskim.

References

1. Keefover- Ring K., Thompson J.D., Linnhart Y B., Beyond six scents: defining a seventh *Thymus vulgaris* chemotype new to southern France by ethanol extraction. / K.Keefover- Ring, J.D. Thompson, Y.B. Linnhart Flavour and Fragrance Journal, 2009. - 4(3) – 117 p.
2. Clive A. Stace Taksonomia roślin i biosystematyka / Clive A. Stace Wyd. Naukowe PWN, 1993.
3. Mitka J. Taksonomia linneuszowska w dobie biologii molekularnej / J. Mitka -Fragm. Flor. Geobot. Polonica Suppl., 2004 - 9 p.
4. Zarzycki K. Problemy taksonomii roślin i fitogeografii na przełomie wieków, czy istnieje ekologiczne zagrożenie ze strony roślin transgenicznych? / K. Zarzycki. - Kosmos problemy nauk biologicznych, 2000.- 49(3) - 429 p.
5. Haliński Ł., Czerwicka M., Stepnowski P., Współczesne metody ekstrakcji, izolacji i analizy metabolitów wtórnych roślin. / Ł. Haliński, M. Czerwicka, P. Stepnowski - Laboratoria Aparatura Badania, 2010. - 15(6) - 16 p.
6. Stewart D., Metabolomic approach to identifying bioactive compound in berries: Advances toward fruit nutritional enhancement / D. Stewart. - Mol. Nutr. Food Res., 2007. - 51 – 645 p.

7. (Un)Targeted Metabolomics in Asteraceae: Probing the Applicability of Essential-Oil Profiles of *Senecio* L. (Senecioneae) Taxa in Chemotaxonomy / N.S. Radulović [et al.] ; Chem. Biodiversity, 2014. - 11 - 1330 p.
8. Chemotaxonomy of Serbian *Teucrium* Species Inferred from Essential Oil Chemical Composition: the Case of *Teucrium scordium* L. ssp. *Scordioides* / N.S. Radulović [et al.] ; Chem. Biodiversity, 2012. - 9 - 106 p.
9. Chemotaxonomic Importance of the Essential-Oil Composition in Two Subspecies of *Teucrium stocksianum* Boiss from Iran. / A. Sonboli [et.al.]; Chem. Biodiversity, 2013.-10-687 p.
10. Chemotaxonomic and Micromorphological Traits of *Satureja montana* L. and *S. subspicata* Vis. (*Lamiaceae*)/ V. Dunkić [et.al.] ; Chem. Biodiversity, 2012.- 9- 2825 p.
11. Essential Oils in the *Ranunculaceae* Family: Chemical composition of hydrodistilled oils from *Consolida regalis*, *Delphinium elatum*, *Nigella hispanica*, and *N. nigellastrum* seeds / L. Kokoska [et.al.]; Chem. Biodiversity, 2012. - 9(1) - 151 p.
12. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from several *Hypericum* Taxa (Guttiferae) growing in central Italy (Appennino Umbro-Marchigiano) / F. Maggi [et.al.]; Chem. Biodiversity, 2010. - 7(2) - 447 p.
13. Essential oils of *Hypericum olympicum* L. and *Hypericum perforatum* L. / B. Gudžić [et.al.]; Flavour Fragr. J., 2001. - 16 - 201 p.
14. The Intraspecific Chemotaxonomic placement of *Hypericum elegans* Stephan ex Willd. inferred from the essential-oil chemical composition / N.S. Radulović [et al.]; Chem. Biodiversity, 2010. - 7(4) – 943 p.
15. Chemical composition and intraspecific variability of the essential oils of five populations of *Hypericum triquetrifolium* Turra growing in North Tunisia/ Z. Rouis [et.al.]; Chem. Biodiversity, 2012. - 9(4) - 806 p.
16. Composition of the essential oil of *Hypericum foliosum* Aiton from five Azorean islands / P.A. Santos [et.al.]; Flavour Fragr. J., 1999. -14 - 283 p.
17. Chemical classification of the essential oils of the Iranian *Salvia* species in comparison with their botanical taxonomy / A.R. Jassbi [et.al.] ; Chem. Biodiversity 2012. - 9(7) - 1254 p.
18. Thiem B., Witrowska I. *Eryngium campestre* L. (mikołajek polny) i inne gatunki *Eryngium* L. – mało znane rośliny lecznicze / B. Thiem , I. Witrowska - Herba Polonica, 2007. - 53(1) - 93 p.
19. Composition and chemical variability of *Mentha suaveolens* ssp. *suaveolens* and *M. suaveolens* ssp. *insularis* from Corsica / S. Sutour [et.al.] ; Chem. Biodiversity, 2010. - 7(4) - 1002 p.
20. Direct determination of alkaloid contents in *Fumaria* Species by GC-MS / R. Suau [et.al.] ; Phytochem. Anal., 2002. - 13 - 363 p.
21. Metabolic Alterations of *Withania somnifera* (L.) Dunal Fruits at different developmental stages by NMR spectroscopy / O.P. Sidhu [et.al.] ; Phytochem. Anal., 2011. - 22 - 492 p.
22. Rösch P. Chemotaxonomy of Mints of Genus *Mentha* by Applying Raman Spectroscopy / P. Rösch, W. Kiefer, J. Popp, Biopolymers, 2002. – 67 - 358 p.
23. Single Seed Raman Measurements Allow Taxonomical Discrimination of Apiaceae Accessions Collected in Gene Banks / R. Barański [et.al.] ; Biopolymers, 2006. – 81 - 497 p.
24. Chemotaxonomy of aromatic plants of the genus *Origanum* via vibrational spectroscopy / M. Barańska [et.al.] ; Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2005. - 381(6) - 1241 p.
25. Chemotaxonomic characterisation of essential oil plants by vibrational spectroscopy measurements / H. Schulz [et.al.] ; Vibrational Spectroscopy, 2004. – 35 - 81 p.
26. Werner I., Glasl S., Reznicek G. Infrared spectroscopy as a tool for chemotaxonomic investigations within the *Achillea millefolium* Group / I. Werner , S. Glasl, G. Reznicek - Chem. Biodiversity, 2006. - 3(1) - 27 p.
27. Modern approach to the authentication and quality assessment of *Thyme* using UV Spectroscopy and chemometric analysis / H.A. Gad [et.al.] ; Phytochem. Anal., 2013. - 24 - 520 p.
28. The Application of Atmospheric Pressure Chemical Ionisation Liquid Chromatography– Mass Spectrometry in the Chemotaxonomic Study of Flavonoids: Characterisation of Flavonoids from *Ocimum gratissimum* var. *gratissimum* / R.J. Grayer [et.al.] ; Phytochem. Anal., 2000. - 11 - 257 p.

K. Kucharska-Ambrożej

CHEMOTAXONOMY STUDIES OF SELECTED SPECIES OF HERBS – AN OVERVIEW OF THE METHODS OF ANALYSIS

Institute of Chemistry, University of Białystok (Poland)

To determine the chemical profile of herbs have been used various analysis techniques with chemometrics analysis. To know exactly of the chemotype is needed for purposes of taxonomy of herbal plants.

Keywords: herbal plants, secondary metabolites, chemotaxonomy, chemometric techniques.

STATE OF RESEARCH ON LICHENS (ASCOMYCOTA LICHENISATI) IN BIALOWIEZA FOREST (POLAND)

A. Matwiejuk

University of Białystok, Białystok

Работа содержит список лишайников, которые были отмечены на протяжении примерно 120 лет лихенологических исследований в Беловежской пушче. Перечень видов содержит 455 видов. Среди них 49 видов известны из исторических данных, которые не были подтверждены настоящими исследованиями. Было зарегистрировано 274 вида в Беловежском Национальном парке в Польше. Более половины видов лишайников (52%) отмечены как охраняемые в Польше.

Ключевые слова: контрольный, лишайники, Беловежская пушча, Польша.

Introduction. Białowieza Forest is one of the last and largest remaining parts of the immense primeval forest that once stretched across the European Plain. It covers an area of over **1500 km²** in the tranquil corner of Poland and Belarus. Białowieza Forest is a large forest complex located on the border between Poland and Belarus. Western part, situated in Poland, covers the area of 62,500 ha; eastern part, situated in Belarus, covers the area of 87,500 ha. Thanks to several ages of protection the Forest had survived in its natural state to this day. The Białowieza National Park, Poland, was inscribed on the World Heritage List in 1979 and extended to include Belovezhskaya Pushcha, Belarus, in 1992. A large extension of the property in 2014 results in a property of 141,885 ha with a buffer zone of 166,708 ha.

Białowieza National Park is one of the oldest national parks in Poland. It's strictly protected core zone (4747 ha) covers the best preserved part of Białowieza Forest – the fragment of the most natural forest on lowland of Europe. It has primary character, which centuries ago extended over zone of deciduous and mixed forests. Over half of the National Park area (53%) is occupied by fertile oak-linden-hornbeam forest of the *Tilio-Carpinetum* type. Białowieza National Park has been under protection since 1921 and one of the most valuable natural objects in lowland Europe. As a biosphere reserve (since 1977) it was included in the List of World Human Heritage (since 1979). It owes its special status in the nature of Europe and a great importance for natural studies to its properties.

Lichenological studies of lichen biota of the Białowieza Forest have a long history. The first data comes from the end of the 19th century [1,2]. There are two studies from the interwar period [3,4]. A significant revival of lichenological research in the Białowieza Primeval Forest took place after the Second World War. In Poland, the research were conducted by Tobolewski [5], Lecewicz [6], Rydzak [7,8], Bystrek [9, 10,11], Cieśliński & Tobolewski [12], Cieśliński [13,14] and others. There are many studies which pertain on rare and new species of lichens in Poland, including the Białowieza Forest, for example, Czyżewska et al. [15], Sparrius [16], Kukwa [17,18] and others. In the monographs of selected taxa, there are many data about interesting lichen species [19,20,21,22,23,24,25,26], including species *Lepraria*, *Leproloma*, selected species groups of the genus *Cladonia*, *Cetrelia*, *Ochrolechia*, *Micarea*.

List of lichen species of Białowieza Primeval Forest contains 455 species. Among them, 49 species are known from historical data, which were not confirmed by the present investigations. There were 274 species found in the Białowieza National Park in Poland. More than a half of the lichen species (52%) is noted on the red list of endangered lichens in Poland.

The characteristic of Białowieza National Park is its forest biota of epiphytic and rotten-wood lichens. Some common terrestrial species occur on rotten-wood in *Peucedano-Pinetum* and *Pino-Quercetum*. They may also be found in raised peat-bogs (*Sphagnetum medio-rubelli pinetosum*) and, exceptionally, directly on the ground [27]. Species of the boreal-Central European type of range are characteristic of the Białowieza Forest. The lichen biota of the Białowieza Forest is well known and characterized by many old-forest species, such as *Bactrospora dryina*, *Menegazzia terebrata* and *Sclerophora peronella*, which are often endangered in other European lowland forests.

References

1. Błoński F. Spis roślin skrytokwiatowych zebranych w r. 1887 w Puszczy Białowieskiej. Pamiętn. Fizjogr. – 1888. – 8: 75–96.
2. Błoński F. Spis roślin zarodnikowych zebranych lub zanotowanych w lecie w r. 1887 w Puszczech: Białowieskiej, Świsłockiej i Ładzkiej. In : Błoński F., Drymer K. (red.). Sprawozdanie z wycieczki Botanicznej, odbytej do Puszczy Białowieskiej, Ładzkiej i Świsłockiej w 1888 roku. Pamiętn. Fizjogr. – 1889. – 9: 55–115.
3. Kujala V. Waldvegetationsstudien in Östlichen Mitteleuropa. Comm Inst. Forest. Fenn. – 1936. – 22(6): 3–115.
4. Krawiec F. Materiały do flory północno-wschodniej Polski. Spraw. Komisji Fizjogr. PAU – 1938. – 71: 65–82.
5. Tobolewski K. Notatki lichenologiczne z lat 1951–1953. Spraw. Pozn. Tow. Przyj. Nauk. – 1955. – 24(5): 317–318.
6. Lecewicz W. Porosty Białowieży. Fragm. Flor. et Geobot. – 1954 – 1(2): 38–47.
7. Rydzak J. Tree lichens in the forest communities of the Białowieża National Park. Annales UMCS, Sect. C – 1961. – 16: 17–47.
8. Rydzak J. Badania nad stanem ilościowym flory porostów nadrzewnych Puszczy Białowieskiej i Puszczy Łudzkiej. Annales UMCS, Sect. C – 1969. – 24(6): 65–72.
9. Bystrek J. De variabilitate *Alectoriae fusculentis* Gyel. Annales UMCS, Sect. C – 1963 –18: 411–418.
10. Bystrek J. *Bryopogon mirabilis* (Mot.) Bystr. in Europe. Annales UMCS, Sect. C – 1977 – 32: 163–166.
11. Bystrek J. *Usnea carpinea* Bystr. nouvelle espèce de lichen dans la Forêt Vierge de Białowieża. Annales UMCS, Sectio 3: Biologia – 1983. – 38(5): 41–43.
12. Cieśliński S., Tobolewski Z. Porosty (*Lichenes*) Puszczy Białowieskiej i jej zachodniego przedpoła. Phytocoenosis. Supplementum Cartographiae Geobotanice, Warszawa – Białowieża, – 1988. – N.S. Vol. 1: 1–216.
13. Cieśliński S. Atlas rozmieszczenia porostów (*Lichenes*) w Polsce Północno-Wschodniej. Phytocoenosis, 15 (N.S.), Suppl. Cartogr. Geobot. – 2003. – 15: 1–426
14. Cieśliński S. 2010. Wykaz gatunków porostów (grzybów zlichenizowanych) Puszczy Białowieskiej (NE Polska). Parki nar. Rez. przyr. – 2010. – 29(2): 3–39.
15. Czyżewska K., Motiejūnaitė J., Cieśliński S. Species of lichenized and allied fungi new to Białowieża Large Forest (NE Poland). Acta Mycol. – 2001. – 36(1): 13–19.
16. Sparrius L. B. Contribution to the lichen floras of the Białowieża Forest and the Biebrza Valley (Eastern Poland). Herzogia – 2008. – 16: 155–160.
17. Kukwa M. The lichen species *Cladonia incrassata* (Lecanorales, Ascomycota Lichenisati) in Poland, and notes on *C. anitae*. Polish Botanical Journal – 2005a. – 50(1): 69–73,
18. Kukwa M. *Lecanora thysanophora* (Lecanoraceae, zlichenizowane Ascomycota) w Polsce. Fragm. Flor. Geobot. Pol. – 2005b – 12(2): 385–391.
19. Kukwa M. Porosty z rodzajów *Lepraria* i *Lepruloma* w Puszczy Białowieskiej. Parki nar. Rez. przyr. – 2002. – 21(3): 253–262.
20. Kukwa M. The lichen genus *Lepraria* in Poland. The Lichenologist – 2006. – 38(4): 293–305.
21. Kukwa M. The lichen genus *Ochrolechia* in Poland II. Sorediate taxa with variolaric acid. Herzogia – 2008. – 21: 5–24.
22. Kukwa M. The lichen genus *Ochrolechia* in Poland III with a key and notes on some taxa. Herzogia – 2009. – 22: 43–66.
23. Jabłońska A., Kukwa M. 2007. The lichen genus *Ochrolechia* in Poland. I. *Ochrolechia androgyna* s.lat. and *Ochrolechia arborea*. Herzogia – 2007. – 20:13–27.
24. Kowalewska A., Kukwa M., Ostrowska I., Jabłońska A., Oset M., Szok J. 2008. The lichens of the *Cladonia pyxidata-chlorophaea* group and allied species in Poland. Herzogia – 2008. – 21: 61–78.
25. Czarnota P. 2007. The lichen genus *Micarea* (Lecanorales, Ascomycota) in Poland. Pol Bot Stud. – 2007 – 23: 1–199.
26. Golubkov V., Matwiejuk A., Bely P., Tsurukau A. Revision of the genus *Cetrelia* (Lecanorales, Ascomycota) in the Białowieża Forest (belarusian part). Steciana – 2015. – 19(3): 123–132.
27. Cieśliński S., Czyżewska K., Glanc K. Resources of lichens at the Białowieża National Park (N.E. Poland) and their changes. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zürich – 1992. – 107: 392–401.

Matwiejuk A.

STATE OF RESEARCH ON LICHENS (ASCOMYCOTA LICHENISATI) IN BIALOWIEZA FOREST (POLAND)

University of Białystok, Białystok, (Poland)

The work contains a checklist of lichens which have been noted during about 120 years of lichenological studies in the Białowieża Forest. The list of species contains 455 species. Among them, 49 species are known from historical data, which were not confirmed by the present investigations. There were 274 species found in the Białowieża National Park in Poland. More than a half of the lichen species (52%) is noted on the red list of endangered lichens in Poland.

Keywords: checklist, lichens, Białowieża Forest, Poland.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*)

Н.В. Валовень, Е.А. Флюрик

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Определен элементный состав и количественное содержание дубильных веществ в различных сортах голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum L.*) произрастающих на территории Республики Беларусь. Установлено, что элементный состав сортов голубики представлен такими элементами, как О, Mg, Si, P, S, K, Ca.

Ключевые слова: голубика высокорослая, плоды, *Vaccinium corymbosum L.* дубильные вещества, элементный состав.

Введение. Голубика является одним из перспективных источников биологически активных веществ и может использоваться не только как пищевой продукт, но и как эффективное средство для профилактики многих заболеваний. Известно, что состав биологически активных веществ и количество их накопления в растении зависят от почвенно-климатических условий произрастания, условий вегетационного периода, фазы развития плодов. Поэтому необходимо исследование элементного состава различных сортов голубики и выделение биологически активных соединений.

Исследования по изучению элементного состава представляют не только теоретическое, но и важное практическое значение в связи с тем, что в настоящее время отмечается дефицит целого ряда макро- и микроэлементов в питании человека.

Основная часть. Целью исследования было определение элементного состава и количественное определение дубильных веществ в различных сортах голубики. Объектами исследования являлись следующие сорта: Блюкроп, Нортланд, Патриот, Джерси, Элизабет, Гербер, Рубель.

Объекты для исследования были собраны в фазу полного созревания ягод (конец июля 2016 г.) на территории Пуховичского района, Минской области, Республики Беларусь.

На начальном этапе определен элементный состав (таблица 1) ягод различных сортов голубики с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL (Япония). Исследования проводили в низковакуумном режиме работы электронного микроскопа с использованием детектора обратно отраженных электронов [1].

Таблица 1 – Элементный состав ягод различных сортов голубики

Элемент	Процентное содержание элементов в образцах, %						
	Блюкроп	Нортланд	Патриот	Джерси	Элизабет	Гербер	Рубель
O	32,28	37,41	34,11	36,34	35,35	30,39	34,45
Mg	2,90	1,51	3,36	4,88	3,43	4,61	3,56
Si	0,48	2,29	1,21	0,63	0,78	1,57	0,70
P	5,56	3,85	4,02	3,73	5,22	5,72	5,06
S	2,52	2,96	3,73	3,09	3,89	1,97	2,28
K	50,56	48,11	46,77	42,66	47,42	47,83	44,92
Ca	5,69	3,86	6,80	8,67	3,90	7,91	9,03

На втором этапе определили содержание дубильных веществ (ДВ) в различных сортах голубики. Был использован перманганатометрический метод Левенталья в модификации А.Л. Курсанова [2]. Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание дубильных веществ в исследуемых образцах голубики

Сорт	Содержание ДВ в пересчете на танин, мг
Блюкроп	9,98±0,40
Нортланд	10,81±0,32
Патриот	9,15±0,36
Джерси	9,15±0,28
Элизабет	8,73±0,34
Гербер	8,31±0,25
Рубель	9,15±0,34

Результаты исследования и их обсуждение. В связи с разной физиологической значимостью микроэлементов и избирательностью поглощения из почв, их содержание в различных сортах голубики различается. По количественному содержанию элементов их можно условно подразделить на следующие группы: высокое содержание элементов – О (30,39-37,41 %) и К (42,66-50,56 %), среднее содержание элементов Р (3,73-5,72 %) и Са (3,86-9,03), низкое содержание элементов Si (0,48-2,29 %), Mg (1,51-4,88 %) и S (1,97-3,73 %). Как известно ионы калия способствуют регуляции водно-солевого обмена, удалению воды и шлаков из организма, профилактике деятельности сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем организма, ионы кальция, помимо участия в построении скелета, необходимы в процессе свертывания крови и регуляции деятельности ферментов, способствуют поступлению в клетки питательных веществ, а ионы магния необходимы для нормальной деятельности центральной и периферической нервной системы организма человека, активизируют функционирование ферментов.

Заключение. Результаты исследования свидетельствуют о схожести элементного состава различных сортов голубики. Элементный состав различных сортов голубики представлен такими элементами, как О, Mg, Si, P, S, K, Ca. Сорт Блюкроп отличается наибольшим содержанием К в своем составе. Сорт Джерси и сорт Гербер в свою очередь характеризуются наибольшим содержанием Mg по сравнению с остальными исследованными сортами.

Из полученных результатов видно, что наибольшее содержание ДВ характерно для сорта Нортланд. Это обуславливает необходимость введение стадии очистки при получении экстракта из этого сорта.

Список использованных источников

1. Брандон, Д. Электронная микроскопия / Д. Брандон, У. Каплан // Микроструктура материалов : методы исследования и контроля : пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан; под. ред. С.Л. Баженова. – М., 2004. – Гл. 4. – С. 171–252.
2. Беликов, В.Г. Фармацевтическая химия: в 2 ч. / В.Г. Беликов. – М.: Высшая школа, 1993. – 1 ч. – 432 с.

N.V. Valoven, E.A. Flyurik

DETERMINATION OF ELEMENT COMPOSITION AND QUANTITATIVE CONTENTS OF SUBSTANCES IN DIFFERENT GRAPES OF BLUEBERRY (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

Belarusian State Technological University, Minsk (Belarus)

The elemental composition and quantitative content of tannins in various varieties of blueberry (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.) collected in the territory of the Republic of Belarus is determined. The elemental composition of different types of blueberry is represented by elements such as O, Mg, Si, P, S, K, Ca.

Keywords: Blueberry, fruits, *Vaccinium corymbosum* L., tannins, elemental composition.

СТРУКТУРА И РЕСУРСЫ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЯКА ЧЕРНИЧНОГО ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Д.К. Гарбарук, А.В. Углянец

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский
государственный радиационно-экологический заповедник», Хойники*

Сосняки черничные Полесского государственного радиационно-экологического заповедника развиваются преимущественно естественным путем. Преобладают смешанные, средневозрастные, среднеполнотные насаждения I–II классов бонитета. Ограниченная эксплуатация способствует интенсивному накоплению в них стволовой древесины, удельный вес которой как в составе сосновой формации, так и в целом по заповеднику достаточно высокий. В перспективе ожидается рост доли спелых и перестойных древостоев.

Ключевые слова: заповедник, сосняк черничный, структура, запас.

Особенностью Полесского государственного радиационно-экологического заповедника (далее заповедник), расположенного в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС, является высокий уровень загрязнения всех компонентов природной среды радионуклидами, из-за которого хозяйственная деятельность в лесах на протяжении 30 лет осуществляется в крайне ограниченных объемах. Абсолютное большинство лесных насаждений развивается естественным путем. Со временем меняется структура их древесного яруса, накапливаются запасы стволовой древесины.

Сосняк черничный – один из наиболее распространенных типов леса в заповеднике. На его долю приходится 12,8% площади сосновой формации или 5,5% лесопокрытой площади. Средний возраст древостоев этого типа леса равен 56 годам, средний бонитет – I,6, средняя полнота – 0,69, средний запас стволовой древесины – 209 м³/га, общий – 1454,8 тыс. м³ (таблица 1). Удельный вес общего запаса древесины в сосняке черничном составляет 7,9% от запаса всех лесов заповедника и 15,1% от запаса сосновой формации.

В пределах сосняка черничного преобладают насаждения естественного происхождения, площадь которых составляет 5769,1 га, или 86,2% от типа леса. Их средний возраст равен 59 лет, полнота – 0,68, средний запас – 217 м³/га, общий – 1286,3 тыс. м³.

Насаждения искусственного происхождения произрастают на площади 922,7 га (13,8%). Они характеризуются более молодым возрастом (40 лет), более высокой (0,74) полнотой и более низким стволовым запасом как на 1 га (169 м³), так и в целом по типу леса (168,5 тыс. м³).

Таблица 1 – Таксационные показатели древостоев сосняка черничного

Наименование показателя	Происхождение		Итого
	естественное	искусственное	
Площадь, га / %	5769,1 / 86,2	922,7 / 13,8	6691,8 / 100,0
Средний возраст, лет	59	40	56
Средняя высота, м	18,9	14,2	18,2
Средний диаметр, см	21,6	14,4	20,5
Средняя полнота	0,68	0,74	0,69
Средний запас, м ³ /га	217	169	209
Общий запас, тыс. м ³ /га	1286,3	168,5	1454,8

На долю чистых сосняков черничных приходится всего 8,8% площади типа леса. Преобладают смешанные насаждения (91,2%) с участием сосны от 3 до 9 единиц в составе древостоев (таблица 2). Средняя доля участия в них сосны равна 67,3%. В смешанных сосняках черничных встречаются береза (до 70%), ольха черная (до 50%), осина (до 40%), дуб

(до 30%), ель (до 20%), ивы древовидные, главным образом ива белая (до 20%). С возрастом доля примеси снижается. Коэффициент корреляции долевого участия сосны в составе древостоев с возрастом равен 0,917.

Полнота древостоев в данном типе леса не зависит от их состава и колеблется в пределах 0,65–0,71.

Наибольший средний запас стволовой древесины (242 м³/га) в сосняках черничных формируется при 90% участии сосны в составе. Древостои с этой долей главной породы имеют наибольшие средний возраст (62 года) и полноту (0,71). При составах 10С и 8С стволовой запас уменьшается до 222 м³/га. Снижение степени участия сосны в насаждениях от 7 до 3 единиц сопровождается уменьшением среднего запаса стволовой древесины в них с 213 м³/га до 118 м³/га. В сосняках накоплено 1012,8 тыс. м³ древесины сосны (69,6% от общего запаса древостоев) и 442 тыс. м³ (30,4%) древесины всех остальных пород. Наибольшие запасы главной породы сосредоточены в насаждениях с 70–80% ее участием.

Таблица 2 – Распределение древостоев сосняка черничного по доле участия сосны в их составе

Наименование показателя	Доля сосны в составе древостоя							
	10С	9С	8С	7С	6С	5С	4С	3С
Доля от общей площади, %	8,8	9,0	16,8	19,1	17,6	15,5	11,4	1,8
Средний возраст, лет	61	62	58	58	56	52	47	37
Средняя полнота	0,68	0,71	0,69	0,68	0,68	0,69	0,70	0,65
Средний запас, м ³ /га	222	242	222	213	204	189	178	118
Общий запас, тыс. м ³	141,5	159,7	274,2	293,4	246,1	202,1	127,3	10,5
Общий запас сосны, тыс. м ³	141,5	143,7	219,4	205,4	147,7	101,1	50,9	3,2

В возрастной структуре древостоев сосняка черничного (таблица 3) доминируют средневозрастные (39,5%) и приспевающие (27,8%) насаждения, на которые приходится две трети площади типа леса. Низкая доля насаждений старше 100 лет и высокий их процент в возрасте 41–60 лет связаны с интенсивной лесохозяйственной деятельностью (вырубкой и восстановлением лесов) до аварии на Чернобыльской АЭС. Присутствие молодняков первого и второго классов возраста обусловлено лесовосстановлением на рубках в доаварийный период, а также лесоразведением и естественным зарастанием бывших сельскохозяйственных земель в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС после образования заповедника.

С возрастом средний стволовой запас древесины закономерно увеличивается с 42 м³/га в молодняках первого класса возраста до 278 м³/га в древостоях старше 100 лет. Общий запас древесины в приспевающих насаждениях составляет 510 тыс. м³ (35,1%), в спелых и перестойных – 209,2 тыс. м³ (14,4%). Предполагается, что в течение следующих 30 лет запас древесины в спелых и перестойных сосняках превысит 50 % общего запаса.

Таблица 3 – Распределение древостоев сосняка черничного по классам возраста

Наименование показателя	Возраст, лет					
	≤20	21–40	41–60	61–80	81–100	≥101
Доля от общей площади, %	7,4	14,5	39,5	27,8	9,8	1,0
Средняя полнота	0,60	0,67	0,72	0,68	0,64	0,61
Средний запас, м ³ /га	42	126	218	266	285	278
Общий запас, тыс. м ³	20,2	125,4	590,0	510,0	188,6	20,6

В заповеднике преобладают среднеполнотные (0,6–0,8) насаждения сосняка черничного, на которые приходится 77,1% площади данного типа леса (таблица 4). Высокополнотные (0,9–1,0) и низкополнотные (0,3–0,5) древостои встречаются значительно реже. Их удельный вес составляет 11,2% и 11,7% соответственно. Перегущенных насаждений почти нет. Полнота не зависит от возраста. Насаждения с полнотами от 0,4 до 1,0 характеризуются близкими

средними возрастaми – 53–58 лет. Средний запас насаждений растет с увеличением полноты. Общий запас древесины сосредоточен в среднеполнотных насаждениях и составляет 1153,8 тыс. м³, или 79,3%.

Таблица 4 – Распределение древостоев сосняка черничного по полнотам

Наименование показателя	Полнота							
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
Доля от общей площади, %	2,0	9,2	22,7	31,0	23,4	7,9	3,6	0,2
Средний возраст, лет	53	53	55	58	58	53	53	64
Средний запас, м ³ /га	291	270	239	221	185	133	107	104
Общий запас, тыс. м ³	40,5	171,7	382,0	474,2	297,6	65,6	21,4	1,8

В сосняках черничных доминируют древостои II (59,5% площади) и I (43,5%) классов бонитета. В них сконцентрирован почти весь запас стволовой древесины – 1452,5 тыс. м³, или 99,8% (таблица 5).

Таблица 5 – Распределение древостоев сосняка черничного по классам бонитетам

Наименование показателя	Бонитет			
	Ia	I	II	III
Доля от общей площади, %	0,1	40,3	59,5	0,1
Средний запас, м ³ /га	214	251	182	92
Общий запас, тыс. м ³	2,0	711,2	741,3	0,3

Заключение. В настоящее время радиационный фактор исключает эксплуатацию лесных ресурсов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника в полном объеме. Леса в условиях ограниченного антропогенного воздействия развиваются преимущественно естественным путем.

В сосняках черничных преобладают смешанные, среднеполнотные насаждения I–II классов бонитета. Максимальный запас стволовой древесины в них формируется при 90% участии сосны в составе. Современная структура древостоев данного типа леса формируется в результате их естественного развития, на которое наложила отпечаток интенсивная лесохозяйственная деятельность в доаврийный период, с определенным влиянием искусственного облесения и естественного зарастания бывших сельскохозяйственных земель, вошедших в состав заповедника.

Общий запас стволовой древесины в сосняках черничных составляет 1455 тыс. м³. Удельный вес ее как в составе сосновой формации, так и в целом в лесах заповедника весьма высокий. В спелых и перестойных древостоях сосредоточено 14,4% древесины. В течение следующих 30 лет запасы древесины в насаждениях этих возрастов превысят 50 % от общего запаса типа леса.

Garbaruk D.K., Uhlianets A.V

**THE STRUCTURE AND RESOURCES OF BILBERRY PINE STANDS
IN POLESYE STATE RADIATION-ECOLOGICAL RESERVE**

State Nature Protective Scientific-Research Establishment «Polesye State Radiation-Ecological Reserve» of Khoiniki (Belarus)

The development of bilberry pine stands of Polesye State Radiation-Ecological Reserve is natural. Mixed, middle-aged, medium fullness stands of I–II class of locality quality are prevailing. Their constrained use facilitates intensive accumulation of stem wood with a considerable specific weight both as a composite part of pine formation and in general for the Reserve. It is expected that the role of mature and declining tree stands will be increasing.

Keywords: Reserve, bilberry pine stand, structure, stock.

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУГОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»

Е.Я. Куликова, Г.В. Ермоленкова, А.В. Пучило

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск

Выявлено фитоценотическое разнообразие лугов Национального парка «Нарочанский». Установлено, что на долю луговой растительности приходится 2924,4 га или 3,4% площади национального парка. Пойменные луга имеют незначительное распространение (15,8% от всех лугов) и представлены, в основном, гигромезофитными и мезогигрофитными лугами. Среди внепойменных лугов преобладают суходольные – 1532,89 га (62,3% площади лугов), получившие наибольшее распространение на Свенцянских грядках. Выявлены объекты для включения в Зеленую книгу Беларуси.

Ключевые слова: луговая растительность, национальный парк «Нарочанский», разнообразие, пойменные луга, Зеленая книга.

Луговая растительность Национального парка «Нарочанский» характеризует основные черты районов суходольных и низинно-суходольных лугов [1]. Фитоценотическая структура луговой растительности парка за последние годы претерпела значительные изменения в результате хозяйственной и рекреационной деятельности человека, поэтому целью наших исследований было выявить современную геоботаническую структуру луговых фитоценозов исследуемой территории.

Полевые исследования луговой растительности проводились во время вегетативного сезона 2016 года классическими геоботаническими методами [2] с использованием GPS-приемника для привязки точек описаний. При характеристике фитоценотического разнообразия лугов мы использовали такую таксономическую категорию как тип луга [3], которая базируется на экологической общности фитоценозов. При этом ведущими экологическими факторами являются характер, степень увлажнения и обеспеченность почв питательными веществами.

Луговая растительность занимает 2924,4 га или 3,4% площади национального парка и представлена пойменными и внепойменными лугами.

Пойменные луга в регионе имеют незначительное распространение (15,8% от всех лугов) и приурочены, главным образом, к долинам рек Малиновка, Нарочь, Страча, Большой Перекоп и Мяделка. Представлены, в основном, гигромезофитными (сырыми богатыми), гигромезо-оксилomezофитными (сырыми бедными) и мезогигрофитными (болотистыми) лугами.

Злаковые гигромезофитные и осоково-злаковые мезогигрофитные луга получили наибольшее распространение в долинах р. Малиновка, а также фрагментарно в поймах рек Страча, Мяделка, Большой Перекоп и Нарочь (участок у д. Черемшицы). Злаковые гигромезофитные луга представлены луголисохвостовыми (*Alopecurus pratensis*) и болотномятликовыми (*Poa palustris*) лугами, которые формируются на выровненных участках поймы, периодически заливаемых пойменными водами, на богатых аллювиальных дерново-глеевых, реже глееватых почвах. Злаково-осоковые мезогигрофитные луга на территории парка представлены, в основном, двукисточниковыми (*Phalaroides arundinacea*) и леснокамышовыми (*Scirpus sylvaticus*) лугами, которые формируются на низких уровнях поймы, в притеррасных и межгривных понижениях в условиях переменного избыточного увлажнения на иловато-торфянисто- и торфяно-глеевых почвах.

Мезогигрофитные крупнозлаковые и крупнотравно-осоково-хвощовые луга получили наибольшее распространение в поймах рек Нарочь и Страча. Такие фитоценозы сформировались в условиях избыточного увлажнения на иловато-торфянисто-глеевых и иловато-торфяно-глеевых почвах. В поймах рек широко представлены тростниковые (*Phragmites australis*) сообщества, встречаются заросли айра (*Acorus calamus*) в

сочетании с приречнохвощовыми (*Equisetum fluviatile*) сообществами. Большеманниковые луга (*Glyceria maxima*) широкого распространения не получили. Остроосочники (*Carex acuta*) занимают глубокие, обильно обводненные понижения пойм.

В силу изрезанности рельефа в поперечном и продольном профилях в поймах рек имеются участки разной высоты. Поэтому наряду с преобладанием гигромезофитных и мезогигрофитных лугов в поймах рек национального парка, имеются участки с гигромезо-оксилomezофитными (сырыми бедными) лугами и пустошами. Гигромезо-оксилomezофитные луга представлены, в основном, щучковыми (*Deschampsia cespitosa*) и влажноразнотравными лугами с преобладанием таволги вязолистной (*Filipendula ulmaria*) и змеевика большого (*Bistorta major*). Следует заметить, что на высоких уровнях могут формироваться и редкие для Беларуси псаммофильные сообщества с господством булавоносца седоватого (*Corynephorus canescens*), который находится на территории нашей страны на северо-восточной границе ареала сплошного распространения.

Внепойменные луга занимают 84,2% площади всех имеющихся луговых угодий национального парка, встречаясь в виде небольших участков среди лесов и пашен. Из них на долю суходольных приходится 62,3% и низинных – 37,7%.

Суходольные луга распространены, в основном, в северной части национального парка, на Свенцянских грядах, а также на западе, формируясь на Свирской и Константиновской грядах. Луговые суходолы имеют большой экологический спектр сообществ и представлены ксеромезофитными (остепненными), психромезофитными (обедненными) и эумезофитными (настоящими) лугами. Ксеромезофитные (остепненные) суходолы формируются на вершинах верхних и средних частях склонов камовых и моренных холмов с хорошо аэрируемыми сухими связнопесчаными почвами и представлены, в основном, узколистномятликовыми (*Poa angustifolia*) и горноклеверными (*Trifolium montanum*) лугами. Сообщества клевера горного – редкие для нашей страны, поэтому являются потенциальными объектами для включения в Зеленую книгу Беларуси. Психромезофитные (обедненные) луга формируются на средних по богатству и увлажнению почвах, слабо аэрируемых, чаще всего, на дерново-подзолистых временно избыточно увлажняемых. Это пушистоовсецовые (*Helictotrichon pubescens*), тонкополевицевые (*Agrostis tenuis*), душистоколосковые (*Anthoxanthum odoratum*) и белоусовые (*Nardus stricta*) луга. Красноовсяницевоы (*Festuca rubra*) сообщества, получившие наибольшее распространение на территории национального парка, и трясунковые (*Briza media*) являются переходным звеном от психромезофитных к эумезофитным лугам. Эумезофитные (настоящие) луга распространены на богатых, свежих, хорошо дренируемых минеральных почвах и на исследуемой территории представлены, в основном, луговоовсяницевоыми (*Festuca pratensis*), луговомятликовыми (*Poa pratensis*) и высокорайграсовыми (*Arrhenatherum elatius*) лугами. Часто фитоценозы с доминированием овсяницы луговой, мятлика лугового, ежи сборной и тимофеевки луговой сформированы на залежных землях или представляют собой натурализующиеся сеяные луга (старосеяные).

Низинные луга встречаются, главным образом, в северной и северо-восточной частях национального парка, занимая блюдцеобразные западины, межгрядовые понижения, нижние части склонов моренных гряд с выклиниванием грунтовой воды. Низинные луга часто сочетаются с болотными растительными сообществами и участками суходольных лугов, образуя лугово-болотные комплексы. В настоящее время значительная часть низинных лугов мелиорирована и превращена в пахотные земли или культурные сенокосы и пастбища. Низинные луга представлены гигромезо-оксилomezофитными злаковыми, мелкоосоковыми и влажноразнотравными лугами. Злаковые гигромезо-оксилomezофитные луга с преобладанием луговика дернистого (щучки) (*Deschampsia cespitosa*) занимают на водоразделах пониженные плоские западины, котловины, мелкие блюдцевидные впадины, подошвы склонов, развиваясь на дерново-подзолисто-глеевых, дерново-глеевых, торфянисто- и торфяно-глеевых, слабоаэрируемых почвах. Мелкоосоковые луга представлены фитоценозами с

доминированием осок черной (*Carex nigra*), желтой (*C. flava*) и просяной (*C. panicea*). Среди мелкоосочников черноосоковые луга на территории парка получили наибольшее распространение. Они не образуют крупных сплошных массивов, занимают неглубокие плоские понижения водораздельных пространств, подножия пологих склонов, окаймляют болота, формируются на торфянисто- и торфяно-глеевых с различной мощностью торфа почвах. Просяноосоковые луга встречаются в сходных экотопах, но менее влажных. Желтоосоковые луга занимают нижнюю границу в экологическом ряду мелкоосочников, часто вкраплены среди черноосочников и щучников, иногда окаймляют крупноосоковые болота, развиваются на склонах у выхода ключевых вод на торфянисто- и торфяно-глеевых почвах. Влажноразнотравные луга представлены змеиногорцевыми (раковошейковыми) и вязолистнотаволговыми лугами, которые занимают влажные и сырые низины, чередующиеся с моренными холмами, и развиваются на дерново-глеевых, торфянисто-глеевых, средне- и слабокислых почвах. Среди болотистых лугов водоразделов наибольшее распространение получили крупнотравно-осоково-злаковые мезогигрофитные сообщества с преобладанием рогозов широколистного (*Typha latifolia*) и узколистного (*T. angustifolia*), аира болотного (*Acorus calamus*), камыша лесного (*Scirpus sylvaticus*) и двухисточника тростниковидного (*Phalaroides arundinaceae*). На низинных лугах национального парка формируются и торфянистые луга, представленные крупноосоковыми сообществами с доминированием осок пузырчатой (*Carex vesicaria*), сближенной (*C. appropinquata*), дернистой (*C. cespitosa*) и др.

Таким образом, проведенные исследования позволили получить данные о современной геоботанической структуре лугов НП «Нарочанский». Установлено, что на долю луговой растительности приходится 2924,4 га или 3,4% площади национального парка. Пойменные луга имеют незначительное распространение (15,8% от всех лугов) и представлены, в основном, гигромезофитными и мезогигрофитными лугами. Среди внепойменных лугов преобладают суходольные – 1532,89 га (62,3% площади лугов), получившие наибольшее распространение в северной части парка на Свенцяньских грядах. Среди исследуемых луговых фитоценозов выявлены объекты для включения в Зеленую книгу Беларуси. Это редкие для нашей страны сообщества булавоносца седоватого, клевера горного, трясунки средней, овсеца пушистого, райграса высокого, осоки дернистой и др.

Список использованных источников

1. Юркевич, И.Д. Растительность Белоруссии, её картографирование, охрана и использование / И.Д. Юркевич, Д.С. Голод, В.С. Адерихо. – Минск, 1979. – 248 с.
2. Полевая геоботаника: в 5 т. – М.–Л. 1959–1976.
3. Юркевич, И.Д. Геоботаническая структура и биологическая продуктивность пойменных лугов: По исследованиям поймы р. Березины / И.Д. Юркевич, Н.А. Буртыс, С.Р. Бусько. – Минск : Наука и техника, 1981. – 230 с.

Kulikova E.Y., Ermolenkova G.V., Puchilo A.V.

COMMUNITIES DIVERSITY OF MEADOW OF «NAROCHANSKY» NATIONAL PARK

V.F. Kuprevich Institute of Botany of National Academy of Science of Belarus (Belarus)

Identified communities diversity of grasslands of "Narochansky" National Park. It has been established that the meadow vegetation accounts for 2924.4 ha or 3.4% of the area of the National Park. Floodplain meadow have little distribution (15.8% of all meadows) and represented, mainly, gigromezophyte and mezogigrophyte meadows. Among the meadows dominated by grasslands (1532.89 ha or 62.3% of the meadows) with the highest distribution in the northern part of the Park, on Svencjanski hills. Objects are identified for inclusion in the Green Book of Belarus.

Keywords: meadow vegetation, "Narochansky" National Park, variety, floodplain meadows, Green Book.

УСТОЙЧИВОСТЬ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ**М.Л. Романова, Г.В. Ермоленкова, А.В. Пучило, М.В. Кудин***Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск*

В настоящее время луговые экосистемы Припятского Полесья претерпевают большие изменения. Резко уменьшилась площадь естественных лугов, которые ранее длительно устойчиво функционировали в поймах. Многие ценные луговые сообщества, ранее широко распространенные, в настоящее время стали флористической редкостью. Это явилось реакцией на смену хозяйственного уклада, антропогенные и климатические изменения.

Ключевые слова: луговые экосистемы, устойчивость, Припятское Полесье, изменения.

В растительном покрове происходят быстрые и значительные изменения. Такую тенденцию можно объяснить теми вызовами, которые принято называть «кризисом». Традиционные индикаторы сталкиваются с тупиковыми ситуациями: изменением климатических условий; потерей установленных в экосистемах стабильных взаимоотношений между растениями и человеком, изменением физической среды под влиянием жизнедеятельности человека.

Современное состояние лугов в регионе является свидетельством такого кризиса. Это особенно сильно проявляется в пойменных лугах, являющихся местами концентрации растительного и животного разнообразия, а также основными источниками получения естественных кормов. В долинах рек и просто в депрессиях луга являются ландшафтно-геохимическим барьером, задерживающим различного рода загрязнения. Именно они стали слабым звеном в изменившейся структуре земель и последовавших за этим изменениях качественно - количественных характеристик луговых угодий.

Известно, что в природе менее устойчивые экосистемы со временем сменяются более устойчивыми. Экосистема поймы представляет собой единый организм, и любые изменения в одной части, непременно отражаются на всей ее территории. Поэтому в Полесье, где большая часть лугов, возникла после сведения леса, осушения болот и заболоченных речных пойм, в настоящее время наблюдаются большие перемены. Следует различать устойчивость травяных сообществ, по природе свободных от древесных растений, как правило, это открытые низинные болота, занятые осоками («гало») или болотным крупнотравьем, и травяные ассоциации суходолов, сформировавшиеся после удаления древесно-кустарниковой растительности, последние своим происхождением обязаны хозяйственной деятельности землепользователей. В первом случае, для превращения болота в луга необходимо проведение и поддержание в рабочем состоянии гидромелиоративных систем, во втором луговой фитоценоз существует только благодаря использованию освобожденных от древесно-кустарниковой растительности участков в качестве сенокосов и/или пастбищ при непрерывном поддержании их культуртехнического состояния, иногда в сочетании с мелиоративными мероприятиями. В общем и целом можно говорить о разном по силе физическом воздействии на пойменную экосистему.

Естественные осоковые и крупнотравяные луга отличаются высокой продуктивностью, но низким качеством фитомассы и невысоким уровнем биоразнообразия. Луга на суходолах разнообразны по условиям увлажнения, характеризуются сложными растительными группировками, богатством видового состава трав и высоким уровнем биоразнообразия, но, по большей части, низкой естественной продуктивностью. Экосистемы способны саморегулироваться и сохранять свою устойчивость. Основной принцип сохранения устойчивости экосистемы - сохранение замкнутости круговорота вещества. Устойчивые экосистемы со сбалансированным круговоротом веществ называют зрелыми. Пойменные земли с силу присущих им свойств, наиболее пригодны для организации на их базе сенокосов и пастбищ, как это исторически сложилось еще во времена Туровского княжества,

отличавшегося развитым скотоводством. Такие экосистемы способны саморегулироваться и длительное время сохранять свою устойчивость – луга в пойме реки Припять интенсивно косились вплоть до 90 гг. XX столетия – поддерживался веками сформированный уклад, смоделировавший хорошо отлаженную экосистему. В результате в травостоях преобладали ценные в кормовом отношении виды. В долине реки Припять находятся массивы самых плодородных почв Беларуси – палеопойменных. В настоящее время на них выращивают зерновые и пропашные культуры, в прошлом поддерживалось длительное стабильное существование биологически ценных лугов с богатой флорой и фауной. Устойчивость луговых экосистем поддерживалась регулярной пастьбой сельскохозяйственных животных и сенокосением. Луга представляли собой замкнутые зрелые сенокосные и пастбищные экосистемы. Дело в том, что в травяных сообществах преобладающее количество фитомассы сосредоточено в подземной части – корневая система трав, превосходит надземную часть по весу в 4 – 5 и более раз. Содержание элементов питания травяных растений также сосредоточено в их корнях, удерживающих питательные вещества от вымывания и обеспечивающих запасы в случае нарушения круговорота за счет резкого уменьшения надземной фитомассы (стравливания, выжигания, скашивания). В настоящее время ввиду мелиоративных издержек, аридизации климата и прочее, во многих местах древнеаллювиальные и водноледниковые пески стали выходить на поверхность. Они содержат мало полевых шпатов, обеспечивающих емкость поглощения биофильных элементов, поэтому после мелиорации, при частом использовании с/х техники на полях пески плохо сорбируют питательные вещества. Только луговая растительность с плотной дерниной из корней трав может достаточно хорошо сдерживать негативные явления ветровой и водной эрозии. В Полесье под воздействием сельхозтехники наблюдается процесс аналогичный превышению пастбищной нагрузки на полупустынных территориях, где легкие песчаные почвы удерживались корневой системой растений-ксерофитов, приводя превращению относительно устойчивой экосистемы полупустыни в песчаную пустыню. Этот процесс, называемый опустыниванием, ежегодно во всем мире приводит к потерям тысяч гектаров пригодных для скотоводства и некоторых форм растениеводства земель в зоне недостаточного увлажнения.

Современная кризисная ситуация в регионе с состоянием лугов и луговой растительностью свидетельствует о недостаточности культуртехнических и агромелиоративных мероприятий по их сохранению. На основе геоботанических материалов и литературных источников по исследованию лугово-болотной растительности Припятского Полесья в 70-е годы XX века, можно сделать вывод о том, что в настоящее время она претерпела сильные изменения в сторону ксерофитизации и антропофитизации (за счет инвазии чужеродных видов растений, ранее не отмечавшихся в составе фитоценозов). На временных срезах 1970г./2014г. проведен сравнительный анализ растительности поймы. В структуре естественных лугов зафиксированы следующие изменения: практически выпали из растительного покрова сообщества осоки двутычинковой (*Caricetum diandrae*), осоки омской (*Caricetum omskianae*), осоки двурядной (*Caricetum distichae*), осоки сближенной (*Caricetum appropinquatae*), ситника черного (*Juncetum atratae*), трясунки средней (*Brizetum mediae*), змеевика большого (горца змеинового) (*Polygonetum bistortae*). В 2000 годах наибольшее распространение получили сообщества достаточно эвритопных, вегетативно подвижных видов, таких как осока острая (*Caricetum gracilis*) и двуклосточник тростниковый (*Phalaridetum arundinaceae*). Данные сообщества приурочены к сильно увлажненным экотопам, но легко мирятся и с недостатком воды. Сейчас остроосоковые и двуклосточниковые фитоценозы занимают около 60% лугов низкого уровня. Вышеперечисленные сообщества дают грубые корма, но обладают высокой природной продуктивностью и используются в сельском хозяйстве.

В целом по Полесью, в поймах Припяти и ее притоков осталось только 5,2 % лугов, которые можно отнести к определению «естественные луга», поскольку прочие «луговые» земли включены в пашню и используются в полевом кормопроизводстве.

Состояние культурных, улучшенных и сеяных, лугов зависит от ухода за ними сельскохозяйственных предприятий, а естественных – от выпаса скота и сенокосения. Если скота много (перевыпас) идет пастбищная дигрессия. Если мало – происходит зарастание кустарниками и лесом. Распашка и зарастание луговых земель на участках, недоступных для современной сельскохозяйственной техники, привели к тому, что ценные в кормовом отношении луголисохвостовые (*Alopecuretum pratensis*), болотномятликовые (*Poetum palustris*), бекманиевые (*Bekmanietum eruciformis*), естественные лугоовсяницевые (*Festucetum pratensis*) и лугомятликовые (*Poetum pratensis*) фитоценозы сейчас являются флористической редкостью. Такие луга обычно приурочены к почвам с оптимальным увлажнением и, в основном, заняты культурфитоценозами, в том числе и сеяными лугами.

Максимальная интенсивность использования луговых земель Полесья наблюдалась 80-х гг. прошлого века и составляла 180-190 голов на 100 га, это намного больше научно обоснованных норм – на одну корову положено около 1 га угодий. Однако с наступлением 90-х гг., в регионе произошли резкие изменения. Можно сказать, сменился многовековой уклад крестьянской жизни: население перестало держать крупный рогатый скот на личных подворьях, корма для которого заготавливало вручную.

Современные крупные фермы ориентированы на стойловое содержание скота, что постепенно стало негативно отражаться сначала на качестве сена, а затем и на площади лугов и, наконец, привело к потере биоразнообразия всех экосистем поймы. Восстановить прежнюю оптимальную ситуацию можно только с использованием научно обоснованных культуртехнических и агролимитивных мероприятий.

В Припятских луговых экосистемах при возникающих соответствующих нагрузках для устойчивого их функционирования человек должен сам играть роль компенсаторного регулятора, поэтому для сохранения и восстановления лугов необходимо произвести следующие мероприятия:

сведение кустарниковой растительности, не имеющей водоохранного значения, на землях, ранее занятых ценными мезофильными травостоями с последующим их залужением;

коренное улучшение (с распашкой и подсевом ценных луговых трав) деградированных луговых фитоценозов (щучковых, белоусовых, тонкополевицевых и сильно засоренных);

сохранение и осуществление особого ухода за малочисленными сохранившимися луголисохвостовыми, лугоовсяницевыми, келериевыми, виноградниковополевицевыми, лугомятликовыми и др. лугами во избежание потери биоразнообразия.

Рекомендуется использовать выпас скота для сохранения биоразнообразия луговых экосистем на флористическом и фаунистическом уровне, например, регулирование сроков гнездования птиц.

Romanova M.L., Ermolenkova G.V., Puchilo A.V., Kudin M.V

SUSTAINABILITY MEADOW ECOSYSTEMS IN PRIPYAT POLESYA

V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

In the present time, the meadow ecosystems of the Pripyat Polissya are changing dramatically. The area of natural meadows, which had been stable in the floodplains, decreased noticeably. Many valuable meadow communities which were previously widespread have become a floristic rarity. This is a reaction to the change in the economic system and meliorative and climatic changes.

Keywords: meadow ecosystem, sustainability, the Pripyat Polesie.

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ БИОСТАНЦИИ ГОМЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ФРАНЦИСКА СКОРИНЫ

А.В. Ропот, А.Г. Цуриков

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Гомель

На основании полевых исследований и анализа гербарных образцов составлен список 111 видов лишайников и лихенофильных грибов окрестностей биостанции Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. Найденные виды относятся к 56 родам, 25 семействам, 13 порядкам, 6 классам отдела Ascomycota. В работе представлен подробный систематический анализ лишенобиоты.

Ключевые слова: лишайники, грибы, биоразнообразии, систематика.

Изучение флоры Ченковского лесничества ГЛХУ «Корневская экспериментальная лесная база Института леса Национальной Академии Наук Беларуси» исторически связано с биологическим факультетом Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины. Учебно-научная база (УНБ) «Чёнки» является местом прохождения учебных практик по ботанике и зоологии для студентов 1 и 2 курсов биологического факультета, а также местом сбора натурального материала для курсовых и дипломных работ. Помимо учебной практики на биологической станции проводятся научные исследования по изучению флоры, ценотического разнообразия и закономерностей природной и антропогенной динамики растительного мира.

Предварительный список лишайников Ченковского лесничества был составлен с использованием базы данных Научного гербария Белорусского Полесья кафедры ботаники и физиологии растений биологического факультета Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины (GSU). Некоторые образцы были проинвентаризированы в фонде гербария.

Полевые исследования проводили в 2015–2016 гг. в окрестностях УНБ «Чёнки», п. Севруки, а также на территории Ченковского лесничества преимущественно в лесных фитоценозах. Определение лишайников проводили в лабораториях кафедры ботаники и физиологии растений биологического факультета Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины с использованием микроскопов Nikon SMZ 745 и Nikon Eclipse 80i. Определение стерильных образцов лишайников, а также представителей некоторых видов рода *Cladonia* проводили с применением метода тонкослойной хроматографии в элюэнте С [1]. Названия таксонов приведены согласно последним сводкам лишайников Канады и США [2]. Систематическое положение видов приводится согласно 14-му номеру «Mycosnet» от 27.12.2010 [3].

В результате проведенных исследований составлен список 104 лишайников и 7 лихенофильных грибов, в сумме составляющих 111 видов, относящихся к 56 родам, 25 семействам, 13 порядкам, 6 классам отдела Ascomycota.

Основу лишенобиоты Ченковского лесничества составили представители класса Lecanogomycetes – 95 видов или 85,6% от общего количества. 3 вида (2,7%) относятся к классу Arthoniomycetes, по 2 вида (1,8%) включили в себя классы Dothideomycetes и Eurotiomycetes. Классы Leotiomycetes и Sordariomycetes представлены 1 видом (по 0,9%) каждый. Систематическая принадлежность 7 видов (6,3%), 5 (4,5%) из которых относятся к семейству Coniocybaceae, к настоящему времени не установлена.

Половина представителей класса Lecanogomycetes относится к порядку Lecanorales – 55 видов (45,5%). Из порядка Teloschistales отмечено 23 вида (20,7%) лишайников. Остальные 17 видов входят в порядки Peltigerales (5; 4,5%), Vaeomycetales (4 вида; 15,3%), Candelariales (3; 2,7%), Ostropales и Pertusariales (по 2; 1,8%), также семейство Ophioparmaceae (1 вид; 0,9%) с невыясненным систематическим положением. К классу Eurotiomycetes относится 2 порядка: Pyrenulales и Mucocaliciales, включающие по 1 виду (0,9%) лишайников. Классы Arthoniomycetes, Dothideomycetes, Leotiomycetes, Sordariomycetes включают в себя по одному

порядку – Arthoniales (3 вида – 2,7%), Mytilinidiales (1 вид; 0,9%), Helotiales (1; 0,9%), Нуроскреалес (1; 0,9%) соответственно. Также к классу Dothideomycetes относится 1 вид (0,9%) из семейства Dacampiaceae с неизвестным систематическим положением.

Из 25 семейств ведущим является семейство Parmeliaceae, включающее в себя 23 вида лишайников или 20,7% от их общего количества. Меньшим видовым богатством характеризуются семейства Physciaceae (16 видов; 14,4%), Lecanoraceae (12; 10,8%), Cladoniaceae (11; 9,9%). Семейства Bionectriaceae, Catillariaceae, Dacampiaceae, Graphidaceae, Hyaloscyphaceae, Monoblastiaceae, Mycocaliciaceae, Mytiliniaceae, Phlyctidaceae, Piloscaraceae, Rochellaceae, включили в себя по 1 виду (0,9%) лишайников.

Найденные лишайники изучаемой территории относятся к 56 родам. Более насыщенным видовым богатством отличились роды *Cladonia* и *Lecanora*, на долю которых пришлось 11 (9,9%) и 10 (9,0%) видов соответственно. По 5 видов пришлось на долю родов *Chaenotheca*, *Peltigera* и *Physcia*. Роды *Lepraria*, *Melanelixia*, *Physconia* включили в себя по 4 вида. Такие роды как *Candariella*, *Placynthiella*, *Phaeophyscia*, *Ramalina*, *Usnea* представлены 3 видами каждый. 38 родов – *Acrocordia*, *Alyxoria*, *Anaptychia*, *Arthonia*, *Arthothelium*, *Athallia*, *Buellia*, *Calogaya*, *Caloplaca*, *Catillaria*, *Cetraria*, *Chaenothecopsis*, *Clypeococcum*, *Cyphelium*, *Flavoparmelia*, *Graphis*, *Hypocenomyce*, *Imshaugia*, *Lecidella*, *Lichenocodium*, *Nectriopsis*, *Parmelia*, *Parmelina*, *Parmeliopsis*, *Pezizella*, *Phlyctis*, *Platismatia*, *Pleurosticta*, *Pseudevernia*, *Psilolechia*, *Ручнора*, *Rinodina*, *Rusavskia*, *Taeniolella*, *Trapeliopsis*, *Vulpicida*, *Xanthoria*, *Xanthoriicola* представлены 1 видом. Оставшиеся роды *Evernia*, *Hypogymnia*, *Melanohalea*, *Pertusaria*, *Polycauliona* включили в себя по 2 вида.

Таким образом, систематическую структуру лишенобиоты изучаемой территории составляют политипные семейства Parmeliaceae, Physciaceae, Lecanoraceae, Cladoniaceae, которые типичны для лишенобиот умеренной Голарктики. Однако присутствие семейства Physciaceae среди доминирующих семейств указывает на принадлежность к южному варианту умеренных лесных лишенобиот.

Присутствие среди доминирующих родов *Cladonia*, *Peltigera* и *Usnea* свидетельствует о бореальном характере рассматриваемой лишенобиоты. Но в то же время высокое положение родов *Physcia*, *Physconia* характеризует ее как неморальную.

Весь состав ведущих семейств и родов лишенобиоты указывает на гетерогенность изучаемого региона и подчеркивает переходный характер, что соответствует географическому положению Гомельской области.

Список использованных источников

1. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
2. Esslinger, T.L. A cumulative checklist for the lichen-forming, lichenicolous and allied fungi of the continental United States and Canada, Version 21 / T.L. Esslinger // *Opuscula Philolichenum*. – 2016. – Vol. 15. – P. 136–390.
3. Lumbsch, H.T. Myconet. Volume 14. Part One. Outline of ascomycota – 2009. Part Two. Notes on Ascomycete Systematics / H.T. Lumbsch, S.M. Huhndorf // *Fieldiana: Life and Earth Sciences*. – 2010. – Vol 1. – P. 1–64.

Ropot A.V., Tsurykau A.H.

TAXONOMIC ANALYSIS OF LICHENS OF THE BIOLOGICAL CAMP OF FRANCISK SKORINA GOMEL STATE UNIVERSITY

Francisk Skorina Gomel State University (Belarus)

A list of 111 species of lichens and lichenicolous fungi of F. Skorina Gomel State University biological field camp was compiled based on both field studies and herbarium samples. These species belong to 56 genera, 25 families, 13 orders and 6 classes of Ascomycota. Detailed systematic analysis is presented in the paper.

Keywords: lichens, fungi, biodiversity, systematics.

АКВАФЛОРА РЕКИ ГОРОДНИЧАНКА В ЧЕРТЕ ГОРОДА ГРОДНО

Т.А. Селевич, В.Ю. Романчук

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

В составе флоры сосудистых растений реки Городничанка выявлены 88 видов, среди которых преобладают двудольные (54,5%). По числу видов ведущими семействами являются Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae и Polygonaceae, а ведущим родами – *Carex*, *Potamogeton*, *Juncus*. В спектре гидроморф значительно преобладают околководные виды: на гигрофиты приходится 36,3%, на гигромезо- и мезофиты – 30,6%. Настоящие водные растения представлены слабо (12,5%). Такие особенности спектра гидроморф связаны с мелководностью реки и наличием участков с пологими, местами нарушенными берегами.

Ключевые слова: аквафлора, малые реки, город, спектр гидроморф.

Малые реки составляют основу гидрографической сети любой территории. Малыми считаются реки, длина которых не превышает 100 км [1]. В Беларуси насчитывается около 20 800 рек и ручьев, при этом 19 300 рек, или 93 процента их количества, – реки и ручьи, длина которых не достигает 10 км. 1452 реки имеют длину от 10 до 100 км [2]. Таким образом, в Беларуси 20752 реки можно отнести к малым. Понятно, что экологическое состояние большинства из них остается неизученным, в то время как «...уровень антропогенной нагрузки на них во многих случаях превышает допустимый, что приводит к деградации водных экосистем и к снижению качества воды при относительно меньших значениях антропогенного пресса, чем у более крупных рек. Это, в значительной мере объясняется их большей уязвимостью, что связано с особенностями гидрометрии и гидрологии, в частности с большими значениями вариации стока, большим отношением длины береговой линии к площади водной поверхности ...». Отдельная проблема связана с состоянием малых рек в больших городах. Многие из малых рек давно потеряли не только статус природных объектов, но и канализованы, в том числе в подземных коллекторах [3]. Такой рекой в черте города Гродно является правый приток Немана река Городничанка, имеющая протяженность 4,6 км и которую можно считать, согласно [1], не рекой, а речкой.

Ученые Гродненского университета имени Янки Купалы изучали химический состав воды в реке Городничанка и обнаружили многократное превышение ПДК по содержанию железа общего, нитритов, поверхностно-активных веществ и ХПК [4]. Несмотря на это, Городничанка выполняет определенную ландшафтно-эстетическую функцию в условиях городской застройки, при этом далеко не последнюю роль играют сосудистые растения, произрастающие в русле и на берегах реки. О.В. Созинов исследовал фитоценозы поймы реки Городничанки и дал им оценку с точки зрения привлекательности для туризма [5]. Мы предприняли попытку выявить видовой состав сосудистых растений, произрастающих в самой реке, то есть в ее русле.

Исследования проводили в течение двух полевых сезонов 2015–2016 гг. маршрутным методом, путем сплошного прохода по руслу и/или по берегам реки там, где это было возможно. Выполняли флористические описания зон зарастания русла, отмечали обилие видов на ключевых участках, делали гербарные сборы. Проводили таксономический, хорологический, экобиоморфологический и экологический анализы списка выявленных видов. Использовали классификацию жизненных форм И.Г. Серебрякова [6] и классификацию экологических групп растений водоемов и водотоков В.Г. Папченкова [7].

Всего за два полевых сезона в русле реки Городничанка было выявлено 88 видов сосудистых растений из двух отделов Equisetophyta и Magnoliophyta, трех классов, 34 семейств, 58 родов. 48 видов двудольных относятся к 37 родам и 23 семействам, 37 видов однодольных – к 20 родам и 10 семействам. Таким образом, по количеству видов, родов и семейств двудольные преобладают над однодольными. 54,5% от общего числа видов приходится на двудольные растения, а 42,0% – на однодольные. Такое преобладание двудольных заставляет предполагать значительную долю участия неводных, береговых видов растений.

Наибольшее число видов (11) относится к семейству Poaceae, семейство Asteraceae включает в себя 10 видов, Cyperaceae – 9 видов, Polygonaceae – 5 видов. Высокое положение в основном сухопутного семейства Asteraceae также может означать присутствие в списке немалого числа береговых растений. Наибольшим числом видов представлены роды *Carex* (6 видов), *Potamogeton* и *Juncus* (по 4 вида).

Большинство видов (79,4%) сосудистых растений реки Городничанка, согласно данным [8], на территории всей Беларуси встречаются очень часто, часто и нередко, то есть являются самыми обычными, или тривиальными. Пять видов (5,7%) имеют ограниченное распространение по территории республики и встречаются редко лишь в некоторых областях. Это *Persicaria mitis* (Schrank) Opiz ex Assenov, *Potamogeton pectinatus* L., *Lemna gibba* L., *Potamogeton trichoides* Cham. et Schlecht., *Juncus inflexus* L., причем первые три вида не указаны для Гродненской области [8].

Как и следовало ожидать, в спектре жизненных форм значительно преобладают многолетние травы (78,5%). В соответствии с рекомендациями В.Г. Папченкова [7], мы включили в список видов древесно-кустарниковые растения, произраставшие по урезу воды – на них приходится 4,5%. Относительно велика в общем списке видов доля малолетних трав – она составляет 15,9%, что может быть связано с колебаниями уровня воды в реке и антропогенными нарушениями по ее берегам.

В спектре гидроморф сосудистых растений реки Городничанка (таблица 1) преобладают группы видов гигрофитов и гигромезо- и мезофитов, заметно слабее представлены гидрофиты и гигрогелофиты (по 12,5%), менее всего представлены гелофиты (7,9%).

Таблица 1 – Спектр гидроморф сосудистых растений р. Городничанка в сравнении со спектрами гидроморф для рек Среднего Поволжья [7] и копаней Ярославской области [9]

Экологическая группа	Река Городничанка	Реки Среднего Поволжья	Копани Ярославской области
	в %	в %	в %
Гидрофиты	12,5	20,1	12,7
Гелофиты	7,9	7,4	5,1
Гигрогелофиты	12,5	14,0	11,0
Гигрофиты	36,3	46,5	31,2
Гигромезо- и мезофиты	30,6	12,0	40,1

Интересно сравнить спектр гидроморф сосудистых растений реки Городничанка со спектром гидроморф рек Среднего Поволжья, полученным самим В.Г. Папченковым [7]. Для этого воспользуемся той же таблицей 1. Наименьший и сходный процент видов растений в обоих спектрах приходится на гелофиты, примерно одинаково содержание видов гигрогелофитов, в обоих спектрах преобладают околководные растения: в первом на них приходится 66,9%, а втором – 58,5% от общего числа видов. Однако имеются и заметные отличия двух сравниваемых спектров гидроморф: содержание видов гидрофитов в реке Городничанка (12,5%) заметно меньше, чем в реках Среднего Поволжья (20,1%); напротив, содержание гигромезо- и мезофитов в реке Городничанка (30,6%) значительно превышает таковое для рек Среднего Поволжья (12,0%).

В таблице 1 также приводится спектр гидроморф для копаней Ярославской области по данным из [9]. Видно, что полученный нами спектр гидроморф реки Городничанка оказался очень близким именно к этому спектру, в котором также не велико содержание видов гидрофитов (12,7%) и высоко содержание гигромезо- и мезофитов (40,1%). По мнению Э.В. Гарина [9], такое распределение экологического состава на копанях обусловлено наличием больших, периодически обсыхающих участков дна, что ведет к значительному обогащению флоры береговыми, не характерными для водной среды видами. По-видимому, аналогичную причину преобладания околководных видов имеет река Городничанка: она весьма мелководная и на значительном протяжении её берега пологие, что создает предпосылки для периодического обнажения дна даже при небольших колебаниях уровня воды.

Таким образом, русло реки Городничанка небогато видами водных сосудистых растений, которые к тому же в основном встречаются в малом обилии. Немногочисленные настоящие водные растения (11 видов) распределены в Городничанке крайне неравномерно и в основном приурочены к верховьям реки, лежащим выше зоопарка. На территории же старого города в русле реки спорадически встречаются *Potamogeton pectinatus*, реже *Sparganium emersum* Rehm. (водная форма), еще реже *P. crispus* L. и *Agrostis stolonifera* L. (водная форма, не описанная в литературе). На участках быстрого течения они бывают хорошо видны в виде извивающихся побегов и листьев разных оттенков зеленой окраски и выглядят довольно привлекательно, но такие находки почти единичны. Из семи видов-гелофитов выраженные заросли в русле реки образуют только *Typha latifolia* L. и *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., да и то в основном в верховьях; *Sparganium erectum* L. встречается равномернее, но мало заметен. В виде единичных находок в разных местах обнаружены имеющие декоративную ценность гелофиты *Equisetum fluviatile* L., *Butomus umbellatus* L., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. И все же наибольшую встречаемость в русле реки имеют один гигрогелофит *A. stolonifera* (обычная форма) и три гигрофита *Persicaria mitis*, *Ranunculus repens* L. и *Bidens frondosa* L., то есть в основном береговые растения, из которых может привлечь внимание разве что последний.

Список использованных источников

1. Папченков, В.Г. Основные гидрботанические понятия и сопутствующие им термины / В.Г. Папченков, А.В. Щербаков, А.Г. Лапиров // Гидрботаника: методология, методы: Материалы Школы по гидрботанике (п. Борок, 8–12 апреля 2003г.). – Рыбинск: ОАО «Рыбинский Дом печати», 2003. – С. 27–38.
2. База данных «Экология и современность». Реки Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ggcbs.gomel.by/templates/ggcbs/images/ecology/3807.pdf. – Дата доступа: 15.05.2017.
3. Веницианов, Е. В. Загрязнение и самоочищение малых рек: процессы, мониторинг охрана / Е. В. Веницианов, Г. В. Аджиенко, Н. М. Щеголькова // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана. Материалы лекций II-й Всероссийской школы-конференции, 18–22 ноября 2014 г. / Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина. В двух томах. Том I. – Ярославль: Филигрань, 2014. – С. 23–41.
4. Белова, Е.А. Оценка степени загрязненности вод малых рек на примере реки Городничанка / Е.А. Белова, И.Н. Соловей, Н.Б. Федорова // Актуальные проблемы экологии – 2007: тезисы докладов III Международной научно-практической конференции, Гродно, 21 – 23 нояб. 2007 г. / Гроднен. гос. ун-т; редкол.: Н.П. Канунникова [и др.]. – Гродно, 2007. – С. 45 – 46.
5. Созинов, О.В. Эколого-ценологическая характеристика фитоценозов поймы р. Городничанка как туристического объекта / О.В. Созинов // Эко- и агротуризм: перспективы развития на локальных территориях: тезисы докл. II Междунар. науч.-практ. конф., 22–23 апр. 2010 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь / редкол.: В. Н. Зуев (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи: РИО БарГУ, 2010. – С. 197–200.
6. Серебряков, И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И.Г. Серебряков // Полевая геоботаника. – М.; Л.: Наука, 1964. – Т. 3. – С. 146–205.
7. Папченков, В.Г. Закономерности зарастания водотоков и водоемов Среднего Поволжья: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16 – экология / В.Г. Папченков. – СПб, 1999. – 578 с.
8. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И. Парфенова. – Мн.: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
9. Гарин, Э.В. Флора и растительность копаней Ярославской области: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 03.00.05 – ботаника / Э.В. Гарин. – Саранск, 2004. – 21 с.

Selevich T. A., Romanchuk V. Yu.

AQUAFLORA OF THE RIVER GORODNICHANKA IN THE CITY OF GRODNO

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

88 species was identified in the composition of the flora of vascular plants of the river Gorodnichanka with the dominance of dicotyledons (54.5%). The leading families in the number of species are the families Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, the leading genus are *Carex*, *Potamogeton*, *Juncus*. In the hydromorph spectrum of vascular plants hygrophytes and hygromeso- and mesophytes predominate (66.9 %). Aquatic plants are poorly represented (12.5%).

Keywords: aquaflora, small rivers, town, hydromorph spectrum.

**ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЙ
GENTIANA PNEUMONANTHE В ЗАКАЗНИКЕ «ЗВАНЕЦ» (ПОЛЕСЬЕ, БЕЛАРУСЬ)****О.В. Созинов¹, Е.В. Мойсейчик²**¹Гродненский государственный университет имени Я. Купалы, Гродно²Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск

Представлены экологическая и ценотическая характеристики местопроизрастаний горечавки легочной (*Gentiana pneumonanthe* L.) в республиканском заказнике «Званец». Горечавка на территории заказника формирует ценопопуляции в основном в осоковых сообществах, иногда закустаренных ивами. *Gentiana pneumonanthe* в изученных ценопопуляциях выступает в роли ассектатора. Места произрастания горечавки характеризуются хорошим уровнем освещённости, сырыми мезотрофными почвами со слабокислой и нейтральной кислотностью с достаточным содержанием азота.

Ключевые слова: заказник Званец, популяции растений, *Gentiana pneumonanthe*, экология растений, низинное болото, Полесье.

Горечавка легочная *Gentiana pneumonanthe* L. (семейство Gentianaceae) внесена в Список видов растений и грибов нуждающихся в профилактической охране во 2-м [1] и в 3-м [2] изданиях Красной книги Республики Беларусь. *Gentiana pneumonanthe* оставлена в списке видов профилактической охраны 4-го издания [3] как сокращающийся опушечно-луговой декоративный и лекарственный вид, требующий внимания (LC). Охраняемое растение в Латвии, Литве, Польше, Украине, во многих областях России [4].

Исследования проведены в июле-августе 2015 г. на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Званец» (Дрогичинский и Кобринский районы Брестской области Беларуси). Координаты UTM: 35ULT₃. В пределах выявленных ценопопуляции *Gentiana pneumonanthe* выполнено 7 геоботанических описаний методом пробных площадей (100 м²) [5]. Названия растительных сообществ приведены по доминантному принципу [6] (при проективном покрытии вида-доминанта более 20%). Градации экологических факторов рассчитаны по шкалам Х. Элленберга [7]. Индексы биологического разнообразия рассчитаны в программе PAST 3.13 [8].

Заказник «Званец» (общая площадь заказника составляет 16227,42 га) образован в 1996 г. в целях сохранения эталонных участков естественных болотно-луговых и лесных угодий с богатым растительным и животным миром [9]. Это крупнейшее в Европе низинное болото мезотрофного типа с многочисленными минеральными островами, сохранившееся в естественном состоянии. Званец – территория важная для птиц (ИВА: ВУ016) международного значения (критерии А1, В2, В3), создана в 1998 г., с 2002 г. Рамсарская территория (критерии 1–3) [10].

На основании полученных результатов выявлено, что *Gentiana pneumonanthe* на территории заказника «Званец», чаще всего, формирует ценопопуляции в осоковых сообществах (с доминированием *Carex elata* All. и *C. diandra* Schrank) с участием *Salix cinerea* L. (обилие до 25%) и *S. rosmarinifolia* L. (до 5%). Также выявлено единичное местообитание *Gentiana pneumonanthe* в ивняке осоково-молиниевом. Во всех изученных сообществах встречается *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. с варьированием проективного покрытия от 5 до 35%.

Ценотическая роль *Gentiana pneumonanthe* невысокая (выступает как ассектатор): произрастает единичными особями или малочисленными группами, проективное покрытие не превышает 1%. Всего в геоботанических описаниях фитоценозов с *Gentiana pneumonanthe* выявлено 53 вида растений, из них 2 вида мохообразных и 51 вид сосудистых растений (44 травянистых и 7 древесных).

Биотопы произрастания *Gentiana pneumonanthe* характеризуются хорошим уровнем освещённости (7 баллов по [7]). Почвы сырые (8-10 баллов), от слабокислых до нейтральных (5-7 баллов) с достаточным количеством азота (5-8 баллов) (таблица 1).

Таблица 1 – Фитоиндикация экологических режимов изученных биотопов (по Х. Элленбергу [7])

Фитоценоз	Экологические факторы (балл, по [7])			
	уровень освещенности	уровень увлажнения	уровень кислотности	уровень азота
<i>Salix cinerea</i> – <i>Molinia caerulea</i>	7,0	9,9	7,6	8,4
<i>Carex elata</i>	7,0	9,4	6,8	7,0
<i>Carex diandra</i>	7,0	8,4	5,0	4,9
<i>Carex elata</i> + <i>C. diandra</i> + <i>Phragmites australis</i>	7,1	8,9	6,0	5,1
<i>Phragmites australis</i> + <i>Carex elata</i>	7,1	8,9	6,6	6,8
<i>Carex elata</i> + <i>Phragmites australis</i>	7,0	9,6	7,6	8,2
<i>Carex diandra</i> + <i>C. lasiocarpa</i>	7,2	9,8	7,5	8,4

Количество видов в изученных ценозах изменялось в пределах 21-33 видов. Уровень видового разнообразия изученных сообществ в целом сходен, при наименьших показателях в ивняке молиниевом. В сообществе с доминированием *Carex elata* и участием *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., В. Mey & Schreb. видовая выровненность сообществ наименее выражена при высоком показателе видового богатства. В ценозах с доминированием 2-3 видов доля участия сопутствующих видов значительно снижается (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели фиторазнообразия фитоценозов с *Gentiana pneumonanthe*

Показатель фиторазнообразия и богатства	<i>Salix cinerea</i> – <i>Molinia caerulea</i>	<i>Carex elata</i>	<i>Carex diandra</i>	<i>Carex elata</i> + <i>C. diandra</i> + <i>Phragmites australis</i>	<i>Phragmites australis</i> + <i>Carex elata</i>	<i>Carex elata</i> + <i>Phragmites australis</i>	<i>Carex diandra</i> + <i>C. lasiocarpa</i>
Количество видов	23	33	24	30	24	22	21
Индекс Шеннона (H')	2,24	2,45	2,35	2,63	2,53	2,35	2,38
Индекс выровненности (E)	0,41	0,35	0,44	0,46	0,52	0,48	0,51
Индекс Марголефа	4,66	6,89	4,74	5,60	4,51	4,29	4,04
Индекс Бергера-Паркера (1/d)	0,27	0,39	0,35	0,17	0,21	0,26	0,21

Таким образом, значительная часть выявленных ценопопуляций *Gentiana pneumonanthe* на низинном болоте Званец отмечена в осоковых сообществах с участием *Phragmites australis* и *Salix cinerea*. Во всех сообществах *Gentiana pneumonanthe* является ассектатором.

Работа выполнена в рамках Проекта международной технической помощи ЕС/ПРООН «Клима-Ист: сохранение и устойчивое управление торфяниками в Республике Беларусь для сокращения выбросов углерода и адаптации болотных экосистем к изменению климата».

Список использованных источников

1. Чырвоная кніга Рэспублікі Беларусь: Рэдкія і тыя, што знаходзяцца пад пагрозай знікнення віды жывёл і раслін ; пад рэд. М. Дарафееў [і інш.]. – Мінск : Беларус. Энцыкл. ім. П. Броўкі, 1993. – 559 с.
2. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений ; под ред. Л. И. Хоружика [и др.]. – 3-е изд. – Минск, 2005. – 456 с.
3. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / гл. редкол. : И. М. Качановский (предс.), М. Е. Никифоров, В. И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
4. Определитель растений on-line. Открытый атлас растений и лишайников России и сопредельных стран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.plantarium.ru/>. – Дата доступа: 25.03.017.
5. Ипатов, В. С. Методы описания фитоценоза / В. С. Ипатов. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2000. – 89 с.
6. Алехин, В. В. Теоретические проблемы фитоценологии и степоведения / В. В. Алехин. – М. : Изд-во моск. ун-та, 1986. – 216 с.
7. Ellenberg, H. Zeigerwerte der Geffasspflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg. – Göttingen : Goltze, 1992. – 282 s.
8. Hammer, Ø. PAST: Paleontological Statistics software package for education and analysis / Ø. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // *Palaeontologia Electronica*. – 2001. – Vol. 4, N 1. – P. 1–9.
9. О республиканском биологическом заказнике «Званец» : Постановление Совета Министров Республики Беларусь. 01 февраля 2010 г., № 130.
10. Скарбы прыроды Беларусі – Treasures of Belarusian Natura : Тэрыторыі, якія маюць міжнар. значэнне для захавання біял. Разнастайнасці / аўт. тэксту і фота А. В. Казулін [і інш.] ; уклад. А. Г. Дашкевіч ; пер. на англ. мову А. Ф. Агеенка ; пер. на бел. мову Т. І. Улевіч, С. В. Зуёнак. – 2-ое выд., перепрац., дап. – Мн. : Беларусь, 2005. – 215 с.

Sozinov O.V.¹, Moisejchik E.V.²

ECOLOGICAL AND CENOTHIC CHARACTERISTICS OF GENTIANA PNEUMONANTHE LOCATION IN THE ZVANETS RESERVE (POLESIE, BELARUS)

¹Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

²V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus (Belarus)

Ecological and cenotic characteristics of *Gentiana pneumonanthe* L. site in the Zvanets reserve are presented. *Gentiana pneumonanthe* in the territory of the reserve forms cenopopulations in sedge communities, sometimes covered with willows. *Gentiana pneumonanthe* in the investigated cenopopulations acts as an asector. Biotopes of gentian are characterized by sufficient illumination, moist mesotrophic soils with weakly acidic and neutral acidity with a sufficient content of nitrogen.

Keywords: Zvanets reserve, plant populations, *Gentiana pneumonanthe*, plant ecology, lowland bog, Polesie.

ЗОЛОТАРНИК КАНАДСКИЙ (*SOLIDAGO CANADENSIS L.*) В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОЙ СТОЛИЦЫ

Л.С. Чумаков¹, М.А. Невердасова²

¹Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича, Минск

²Белорусский государственный университет, Минск

В настоящее время на территории белорусской столицы наблюдается активное внедрение на пустошные земли и под полог древесных насаждений агрессивного инвазивного вида растений *Solidago canadensis L.* Характер распространения золотарника в городе определяется экологическими условиями занимаемых территорий. Основными резерватами распространения этого растения являются открытые луговины и пустоши, а также светлые березняки.

Ключевые слова: инвазивные растения, золотарник канадский, проективное покрытие, пространственное распространение, морфометрические показатели растений.

К настоящему времени на территории Беларуси зарегистрировано около 2 тыс. популяции комплекса инвазивных золотарников на площади свыше 470 га. Наиболее широко распространены инвазивные золотарники в центральном регионе. Одним из центров концентрации и экспансии этих растений является г. Минск, на территории которого еще в 2013 г. было отмечено 198 мест произрастания золотарников общей площадью свыше 220 га [1-2]. Основными местами концентрации золотарника в Минске являются пустыри, территории у гаражных кооперативов, земли под ЛЭП и брошенного военного городка в восточной части города, лесной массив не эксплуатируемого в настоящее время лесопитомника во Фрунзенском районе, окраины города, ранее использовавшиеся для нужд сельского хозяйства, а также кладбища. Широко внедряется золотарник под полог древесно-кустарниковой растительности.

С целью ограничения распространения этого нежелательного вида растений в городе необходимо изучение характера его произрастания в различных биотопах, что и явилось целью наших исследований. Работа выполнялась во второй половине лета 2015-2016 гг. на различных открытых луговых и пустошных участках, под пологом лиственных и хвойных насаждений, на лесных опушках и просеках, по берегам водоемов. Для оценки проективного покрытия золотарника использовали рамку в 1 м². При обработке материалов использованы общепринятые методы стандартной статистики. Помимо оценки проективного покрытия золотарника проводили измерение высоты растений на пробных площадках, а также выполняли оценку некоторых параметров соцветий.

Работа выполнена в 30 биотопах, представляющих собой открытые луговины, пустоши и поляны, берега водоемов, лиственные и хвойные городские леса и древесные насаждения, лесные опушки и просеки.

Проведенные исследования показали, что проективное покрытие золотарника канадского довольно существенно различается в зависимости от условий произрастания. Выше его проективное покрытие на открытых луговинах и пустошах, где на отдельных участках оно достигало 54,5±4,76 – 58,7±4,32%. В незначительном количестве представлен золотарник под пологом хвойных лесов.

Обильное развитие золотарника на пустошах в настоящее время наблюдается в южной и западной частях города и приходится на территории вблизи Чижевского водохранилища и Сухаревского озера (массив бывшего лесного питомника). Среди этих территорий существенную угрозу представляют пустыри, занимающие значительные по площади участки между древесно-кустарниковыми зарослями на территории бывшего лесного питомника. Обилие здесь золотарника обусловлено отсутствием мероприятий по ограничению его распространения. В противоположность этому на берегах Чижевского водохранилища он

активно выкашивается. На открытых разнотравно-злаковых луговинах, занимающих склоны холмов на берегах Цнянского водохранилища, проективное покрытие золотарника было заметно ниже и не превышало $18,3 \pm 5,58$ %. Следует отметить и некоторое отличие в проективном покрытии золотарника на луговинах в зависимости от их положения в рельефе. На пустырях, занимающих склоны холмов, покрытие золотарника составляло $12,5 \pm 4,46 - 23,9 \pm 4,65$ %, на вершинах холмов – $10,8 \pm 1,99$ %, а у подножья на участках с повышенной влажностью почв – не более $8,7 \pm 1,64$ %. На пустошах, занимающих более-менее выровненные в рельефе участки, проективное покрытие золотарника составило $19,8 \pm 6,68 - 33,0 \pm 7,96$ %.

Встречаемость золотарника на пустошных участках достигала $73,3 - 100,0$ %, что свидетельствует о его широком здесь распространении. Однако произрастает он довольно агрегированно, что обусловлено биологическими особенностями данного вида. Одним из факторов неравномерного расселения золотарника является распространение его семян на небольшое расстояние от материнского растения. Вследствие этого в местах массового попадания семян образуются небольшие скопления, а территория заселяется мозаично.

Под пологом городских лиственных древесных насаждений проективное покрытие золотарника существенно различалось. Более высокое значение ($22,6 \pm 7,03$ %) характерно для небольшого участка, расположенного на месте вырубленного березняка черничного и занимаемого в настоящее время березой бородавчатой (20 лет), осинкой, ивой козьей и плакучей формой ивы белой, высаженной по открытым участкам, а также порослью липы мелколистной. Древостой произрастает здесь довольно мозаично, что отражается на световом режиме территории, имеющем важное значение для развития золотарника. В березняках, подвергающихся сильной рекреационной нагрузке (Севастопольский парк), а также молодых березовых посадках на несколько переувлажненных почвах в пойме малой реки проективное покрытие золотарника не превышало $8,4 \pm 1,37$ %. Открытые пойменные луговины у малой реки, обильно зарастающие тростником, также характеризуются низким покрытием золотарника ($8,5 \pm 1,78$ %). Проективное покрытие золотарника под пологом городских осинников достигало $1,2 \pm 0,13 - 7,6 \pm 1,37$ % и было ниже в условиях высокой густоты древостоя.

Несмотря на небольшое в целом проективное покрытие встречаемость золотарника под пологом лиственных древостоев довольно высока – $50 - 100,0$ %. В березняках он произрастает более мозаично и его встречаемость здесь ниже. В осинниках и смешанных лиственных древесных насаждениях встречаемость золотарника достигает $83 - 100$ %, и он характеризуется здесь менее агрегированным и даже равномерным распределением ($\lambda = 2,476 - 0,608$). Последнее, возможно, в некоторой степени может быть обусловлено недавним вселением золотарника под полог осинников.

В городских сосняках проективное покрытие золотарника под пологом древостоя составило $1,5 \pm 0,57 - 3,3 \pm 0,85$ % при встречаемости $56,0 - 75,0$ %. При невысоком проективном покрытии произрастает золотарник здесь менее агрегированно ($\lambda = 1,531 - 2,549$), чем на открытых светлых участках. В то же время на просеках в сосновых лесах покрытие золотарника колеблется от $5,7 \pm 0,92$ до $19,2 \pm 2,00$ % при его встречаемости $90 - 100$ %. При этом на открытых участках просек золотарник произрастает довольно агрегированно ($\lambda = 2,970 - 3,826$).

В еловых лесах, характеризующихся незначительной освещенностью под пологом, проективное покрытие золотарника не превысило $2,0 \pm 0,62$ %. При встречаемости $40 - 70$ % он образует здесь скопления ($\lambda = 3,481$), вследствие чего встречаемость золотарника в ельниках аналогична таковой под пологом сосновых лесов.

Средняя высота растений золотарника колебалась от $90,8 \pm 3,48$ до $165,1 \pm 3,45$ см, различаясь в зависимости от условий произрастания. Наиболее крупные растения отмечены в

березняке на территории Севастопольского парка. В то же время под пологом ельников и загущенных сосняков средняя высота растений золотарника не превышала 101,8±3,01 см.

Крупные растения характеризуются развитием довольно мощных соцветий, высота которых достигает 24,4±1,79 см. При этом длина 5-й снизу веточки такого соцветия в среднем составила 10,4±1,17 см, а количество корзинок на ней достигало 116,9±15,24 шт.

На луговинах средняя высота растений составила 90,8±3,48 – 141,4±4,13 см. Причем наиболее низкие растения зарегистрированы лишь на одной луговине, узкой полосой простирающейся вдоль лесного массива. У низких растений длина соцветий почти вдвое меньше (8,8±0,99 см), чем у высоких (17,6±1,46 см), а количество корзинок на 5-й веточке соцветия уменьшается в 2,5 раза (45,8±7,51 и 115,2±12,56 шт. соответственно).

У золотарника в сосняках и ельниках развиваются мелкие соцветия, средняя длина которых в период исследований не превысила 11,3±0,67 см. Под пологом загущенного древостоя в этих лесах соцветия золотарника еще мельче (6,0±0,93 см). Однако, несмотря на некоторые различия в величине соцветий, число корзинок на модельной веточке золотарника здесь было сходным и в среднем составило 42,8±6,65 шт.

Растения, произрастающие в непосредственной близости от уреза воды Цнянского водохранилища на открытом берегу по высоте (121,6±4,93 см) достоверно уступали таковым на расположенном поблизости разнотравно-злаковом лугу, занимающем склон и вершину холма (141,4±4,13 см). Однако длина соцветия (17,6–18,2 см), модельной веточки (8,8–7,7 см) и число корзинок на ней (119,2±21,40 и 115,2±12,56 шт. соответственно) были аналогичны. Возможно, некоторое снижение высоты растений вблизи водоема по сравнению с лугом на склоне холма, может быть обусловлено некоторыми различиями почвенно-гидрологического режима, поскольку характер освещенности на этих участках схож.

Таким образом, исследования, направленные на оценку распространения и характера произрастания золотарника канадского на территории города Минска в целом показали, что это растение довольно активно внедряется в различные биотопы, однако характер произрастания его здесь несколько различается. Лучше осваивает золотарник открытые пустошные участки, не подвергающиеся значительной антропогенной нагрузке, и светлые лиственные городские леса. Эти территории и могут в ближайшее время явиться основными резерватами данного инвазивного вида в белорусской столице.

Список использованных источников

1. Чумаков Л.С. Эколого-биотопическая характеристика золотарника канадского (*S. canadensis* L.) в г. Минске // Л. С. Чумаков [и др.]// Экологический вестник, 2014 - № 4 (30). С.110-117.
2. Масловский, О.М. Экспансия и особенности пространственного распределения наиболее опасных видов инвазивных растений на территории Республики Беларусь/О.М.Масловский [и др.]// Ботаника (исследования): Сб. науч. тр. / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск, 2016. – Вып. 45. – С. С.129-144.

Chumakov L.S.¹, Neverdasova M.A.²

SOLIDAGO CANADENSIS L. IN DIFFERENT BIOTOPES ON THE TERRITORY OF THE BELARUSIAN CAPITAL

¹V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

²Byelorussian State University (Belarus)

Currently on the territory of the Belarusian capital there is an active implementation of the aggressive invasive plant species *Solidago canadensis* L. in the waste grounds and under the forest canopy. The distribution of *S. canadensis* in the city is determined by the environmental conditions of the occupied territories. The main areas of distribution of this plant are the open meadows and wastelands, and the light birch forests.

Keywords: invasive plants, *Solidago canadensis*, projective cover, spatial distribution, morphometric parameters of plants.

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ В ГОРОДСКИХ ЛЕСАХ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ БЕЛОРУССКОЙ СТОЛИЦЫ

Л.С. Чумаков, Ю.С. Подрез

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск

Изучено произрастание растений редких и охраняемых видов в сосновых и березовых лесах разных типов, расположенных на восточной окраине г. Минска. Проанализировано распространение 7 редких и исчезающих видов растений и 1 вида грибов. Выполнена количественная оценка их популяций.

Ключевые слова: рекреационная территория, леса разных типов, сосняки, березняки, растения редких видов.

Активная урбанизация, происходящая в настоящее время на территории нашей страны, оказывает существенное влияние на живую природу территорий, включаемых в черту населенных пунктов. Для большинства видов растений и животных это влияние носит негативный характер, приводя к подавлению их численности вплоть до полного исчезновения с территорий, подвергающихся значительной антропогенной нагрузке. В связи с этим важное значение приобретают исследования по выявлению мест произрастания и экологической оценке редких видов растений на территориях «зеленых зон» городов и иных населенных пунктов, а также территориях, перспективных для последующей эксплуатации. Материалы, собранные при проведении таких исследований, позволят разработать конкретные практические мероприятия по сохранению популяций отдельных редких видов и мест их произрастания, снизив или целиком исключив здесь антропогенную нагрузку.

Цель настоящих исследований - экологическая оценка состояния популяций редких и охраняемых видов растений и мест их произрастания на территории с антропогенной нагрузкой в «зеленой зоне» г. Минска в связи с разработкой проекта по реконструкции территории для ее последующей активной эксплуатации.

Работа выполнена в вегетационный период 2016 г. в лесных массивах на восточной окраине Минска, включенных в городскую черту в начале 21 столетия. На данной территории располагается республиканский полигон для испытания мобильных машин ГНУ ОИМ НАН Беларуси и планируется его расширение с освоением новых участков лесных массивов.

Обследованная территория занимает площадь 792,5 га. На долю лесов здесь приходится 95,6%. Преобладают сосновые леса с широким распространением сосняков орляковых (348,8 га) и мшистых (252,5 га). Редки сосняки вересковые (38 га) и черничные (1,6 га). На долю березняков приходится немногим более 13,3 % площади лесов. Представлены они массивами орлякового, мшистого и верескового типов.

Всего на территории исследований зарегистрированы 93 вида сосудистых растений, из которых на древесно-кустарниковую растительность приходится 19 видов.

Среди отдельных видов травянистых растений наиболее широко распространены на территории исследований *Convallaria majalis* L., *Geranium sanguineum* L., *Fragaria vesca* L., *Hieracium umbellatum* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Hieracium sylvularum* Jord. ex Boreau, *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench, *Pilosella officinarum* F. Schultz et Sch. Bip., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Succisa pratensis* Moench, *Trifolium medium* L., *Veronica chamaedrys* L. и *Veronica officinalis* L. В кустарничковом ярусе обычны *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Calluna vulgaris* (L.) Hill.

В составе растительного покрова выявлены 7 видов травянистых растений и 1 вид грибов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь: *Ajuga pyramidalis* L. (Живучка пирамидальная), *Arnica montana* L. (Арника горная), *Laserpitium latifolium* L. (Гладыш

широколиственный), *Lilium martagon* L. (Лилия кудреватая), *Prunella grandiflora* (L.) Scholl. (Черноголовка крупноцветковая), *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (Прострел раскрытый), *Trollius europaeus* L. (Купальница европейская) и *Sparassis laminosa* Fr. (Спарассис пластинчатый), а также 4 вида из Списка профилактической охраны: *Anthericum ramosum* L. (Венечник ветвистый), *Primula veris* L. (Первоцвет весенний), *Campanula persicifolia* L. (Колокольчик персиколистный) и *Platanthera bifolia* (L.) Rich. (Любка двулистная).

Редкие виды зарегистрированы в 86 местах произрастания, распространенных довольно неравномерно. В сосняках орляковых выявлены все 11 видов растений, подлежащих охране. В сосняках мшистого типа их число снижается до 7. Здесь не обнаружены *A. pyramidalis*, *L. martagon*, *T. europaeus*, а также *P. veris* из списка профилактической охраны. Однако в этих леса наблюдается произрастание редкого гриба *S. laminosa*. Сосняки вересковые бедны редкими видами растений. Нами здесь зарегистрированы лишь три вида из данного списка: *A. montana*, *P. patens* и *Pl. bifolia*.

Наиболее распространенным видом растений из группы охраняемых, произрастающих в сосновых лесах данной территории, является *Arnica montana*, выявленная в количестве около 1,2 тыс. побегов с розетками. Около половины всех растений арники зарегистрированы в сосняках орляковых. В сосняках мшистых число отмеченных розеток было на четверть меньше, тогда как в сосняках вересковых она немногочисленна.

В зависимости от условий произрастания плотность розеток на 1 м² колеблется довольно существенно: в сосняках орляковых – 1-32 экз./м², мшистых – 1-21 экз./м², вересковых – 7-26 экз./м². Средняя плотность в сосняках орляковых и мшистых сходна – 10,7±0,70 экз./м² и 7,9±1,83 экз./м² соответственно. Однако в условиях сосняков мшистых доля усыхающих и поврежденных растений на момент исследований достигала 25%. В этих лесах распределение побегов арники характеризуется более выраженной агрегированностью ($\lambda = 2,354$), чем в сосняках орляковых ($\lambda = 1,235$).

Широко представлена арника и в березняках разных типов (более 0,5 тыс. экз. побегов), отдавая предпочтение березнякам орляковым. В отдельных скоплениях плотность побегов достигала 9 экз./0,1м². Средняя плотность побегов арники в березняках орлякового типа – 5,6±1,45 экз./м². Степень агрегированности невелика – $\lambda = 1,660$ (березняки орляковые) – 1,844 (березовые леса в целом).

В 8 местах произрастания в сосняках и березняках орлякового типа, а также в сосняке мшистом выявлена *Prunella grandiflora*. Встречаются как единичные экземпляры, так и небольшие группы с плотностью 1,5 - 10 экз./м². Несколько обильнее представлена черноголовка крупноцветковая в березняках орлякового типа, где зарегистрированы около 90 экз. преимущественно в фазе цветения.

Экологические условия сосняков орляковых способствуют произрастанию *Lilium martagon*, выявленной в количестве 14 экз. На одном из участков обнаружены 5 молодых растений в относительно неплохом состоянии.

В сосняках орляковых, мшистых и вересковых, а также березняках орляковых и вересковых в количестве 15 экз. отмечен *Pulsatilla patens*, представленный в большинстве мест произрастания единичными экземплярами. Наблюдается его совместное произрастание с арникой горной и черноголовкой крупноцветковой.

Крайне редки в лесах на обследованной территории *Ajuga pyramidalis* и *Trollius europaeus*. Первый вид представлен лишь 2 экз. на опушке сосняка орлякового, а второй отмечен в березняке орляковом, где растет совместно с гладышем широколистным и первоцветом весенним и занимает площадь 3 м², образуя довольно плотную заросль.

В 5 местах произрастания в сосняках мшистых и орляковых, а также в березняках орляковых на территории исследований обнаружен *Laserpitium latifolium*. Площадь, занимаемая отдельными популяциями, колеблется от 24 до 2300 м². Наиболее крупные

популяции приходится на окраины сосняков мшистых, а также светлый березняк орляковый, занимающий холмистую территорию. При этом, независимо от занимаемой площади, среднее проективное покрытие гладыша составляет 10-15 %. Средняя плотность особей в сосняках мшистых – порядка 0,3 экз/м². В единичных местах произрастания гладыша сосняках орляковых на небольшой площади распространения она достигает 0,6, а крайне редко – даже 1,5 экз/м².

В сосняках мшистых обнаружен гриб *Sparassis laminosa*, представленный единичными экземплярами. Произрастает на участках с разной степенью и характером антропогенной нагрузки. Неблагоприятным фактором, оказывающим негативное влияние на произрастание спарассиса на территории исследований, является прямой сбор гриба в период плодоношения, что наблюдается как в границах, так и за пределами территории исследований.

В сосняках орляковых, мшистых и вересковых отмечена *Platanthera bifolia*. Встречается единично. Низкая встречаемость любки двулистной, вероятно, отчасти может быть обусловлена сильной рекреационной нагрузкой, которой подвергалась эта территория в прежние годы.

Изредка на территории исследований встречается и *Primula veris*, основными местами произрастания которого на территории исследований являются березняки орляковые на холмах. На вершинах и склонах холмов первоцвет образует скопления до 100 особей и более при проективном покрытии порядка 50 %.

Campanula persicifolia встречается одиночно либо небольшими группами. Произрастает в сосняках и березняках орлякового типа, а также сосняках мшистых. Наиболее обычен в светлых березняках. Встречаемость вида в березняках орляковых не превышает 25 %, а в сосняках этого типа – менее 10 %. Сопутствующими видами в березняках и сосняках орляковых выступают купена душистая, ландыш майский, герань кроваво-красная, вероника дубравная, ястребинка зонтичная (*Hieracium umbellatum* L.) и др.

Anthericum ramosum также предпочитает леса орлякового типа. Растет довольно мозаично, местами образуя небольшие по площади заросли, которые могут занимать 0,5-1 м² и более. На территории исследований наблюдается его обильное цветение, что указывает на благоприятные условия для данного растения. Произрастает на участках с богатым растительным покровом.

В целом проведенные исследования показали, что сосняки орляковые, наиболее широко распространенные на данной территории, характеризуются и более высокими флористическим разнообразием, в том числе, и в отношении растений редких видов. Отчасти это обусловлено благоприятными для редких видов растений экологическими условиями среды в лесах данного типа. Вероятно, следует также принимать во внимание и характер рекреационной нагрузки в настоящее время и в прошлом, когда негативное воздействие на данную территорию в силу особенностей ее эксплуатации было существенно ограничено.

Chumakov L.S., Podrez Yu.S.

RARE SPECIES OF PLANTS AND FUNGI IN URBAN FORESTS OF THE EASTERN OUTSKIRTS OF THE BELARUSIAN CAPITAL

V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

The growth of rare and protected plant species in the pine and birch forests of different types, located in the eastern outskirts of Minsk, was studied. The distribution of 7 rare and threatened plant species and 1 fungi species was analyzed. The quantitative assessment of their populations was done.

Keywords: recreation area, forests of different types, pine forests, birch forests, rare plant species.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АКТИВНОСТЬ 20 ИЗОЛЯТОВ ГРИБОВ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ

А.П. Юрков^{1,2,3}, А.О. Горбунова³, А.А. Крюков¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии,
Санкт-Петербург

²Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Проведена оценка показателей микоризации 20 изолятов грибов арбускулярной микоризы (АМ) и морфологическая идентификация 10 изолятов грибов, выделенных из почв и корней растений Московской области и Ростовской области в 2015 году. Показано, что 18 из 20 изолятов обладают высокой встречаемостью микоризной инфекции в корнях накопительной культуры – *Plectranthus australis* R.Br.

Ключевые слова: арбускулярная микориза, гриб, Glomeromycota, морфология, микоризация.

Арбускулярная микориза (АМ) – самый распространенный растительно-грибной симбиоз, формируемый большинством высших растений с грибами отдела Glomeromycota. Одним из способов повышения устойчивости агроэкосистем является интродукция симбиотически эффективных изолятов АМ-грибов [1]. Ф. Эль с соавторами выделяет в отделе Glomeromycota 5 порядков, 14 семейств и 29 родов [2]. Вокруг филогении АМ-грибов не прекращаются дискуссии, т.к. она нуждается в разработке нового подхода, учитывающего генетические и фенотипические особенности данных организмов.

Для 20 изолятов АМ-грибов, выделенных в 2015 году, выполнен морфологический анализ, и 10 полученных штаммов 1-го пересева идентифицированы по морфологическим признакам спор и спорокарпов. Идентификация АМ-грибов по морфологии спор и спорокарпов проведена с использованием световой микроскопии. Подготовка грибного материала (спор и спорокарпов) к микроскопии проведена посредством заключения спор в поливиниллактоглицерин (реактив PVLG), реактив Мельцера, а также окраской в трипановом синем. Выборка спор для оценки по каждому штамму составляла 120 спор. Исследованы следующие морфологические признаки: цвет, размеры и форма споры и спорокарпа, толщина и структура оболочек споры, особенности места прикрепления гифы к споре, форма спорообразующей гифы, толщина мицелия. При идентификации до вида или рода использованы определители АМ-грибов Н.С. Шенк и И. Перез [3], а также данные (описания, фотографии и микрофотографии спор и спорокарпов), размещенные на сайтах коллекций АМ-грибов [4-5]. Для 20 отобранных изолятов АМ-грибов проведена оценка микоризации растений накопительной культуры *Plectranthus australis* R.Br. Оценка интенсивности микоризообразования растений осуществлялась с использованием световой микроскопии (при увеличении 150х) общепринятым методом по А. Травло с соавт. [6] после окрашивания трипановым синим по методу Дж.М. Филипс и Д.С. Хейман [7]. Оценка основных количественных характеристик АМ проведена с помощью разработанной А.П. Юрковым компьютерной программы “Mycorrhiza”. Отобранные для анализа образцы АМ-грибов и сведения по ним представлены в табл. 1. В результате морфологического анализа спор,

микоризы и спорокарпов проведена идентификация первых 10 из 20 представленных штаммов АМ-грибов: таксономия согласно А. Шуслер [8]. Штамм **153.1** идентифицирован как *Rhizophagus irregularis* (ранее называемый *Glomus intraradices* Schenck & Smith, 1982), шт. **192.1** – *Sclerocystis rubiformis* Dalpé, 1984 (синоним: *Glomus rubiforme* Almeida & Schenck, 1990), шт. **167.1** – *Paraglomus laccatum* Renker, Błaszk. & Buscot (ранее называемый *Glomus laccatum* Błaszk., 1988), шт. **160.3** – *R. irregularis*, шт. **197.1** – *Glomus ambisporum* Smith, 1985, шт. **183.1** – *R. fasciculatus* (ранее называемый *Glomus fasciculatum* Gerd. & Trappe, 1974; переименованный в *G. fasciculatus* Walker & Koske, 1987), шт. **194.1** – *G. hoi* Berch & Trappe, 1985 (синоним: *Simiglomus hoi* Silva, Oehl & Sieverding, 2011), шт. **166.1** – *Dominikia minuta* Błaszk., Chwat & Kovács, 2014 (ранее называемый *Glomus minutum* Błaszk., Tadych & Madej, 2000), шт. **178.1** – *G. aggregatum* Schenck & Smith (информация о филогении вида в настоящее время отсутствует [8]), шт. **190.1** – *G. microaggregatum* Koske, Gemma & Olexia, 1986.

Таблица 1 – Места отбора изолятов грибов арбускулярной микоризы

№ штамма	Место отбора изолята АМ-гриба	Угодья (экосистема)	Источник первичной инфекции
153.1	Ростовская область, Зерноградский район, 1,4 км на северо-запад от г. Зерноград	лесополоса (дуб, клён, ольха)	корни <i>Ambrosia artemisiifolia</i>
156.1	--	--	чернозем обыкновенный
160.3	--	пашня (поле кукурузы)	корни гибрида Зерноградский 282МВ <i>Zea mays</i>
166.1	--	--	чернозем обыкновенный
167.1	Московская область, Солнечногорский район, г. Лобня, пос. Луговая, территория Научного городка	пашня (поле овсяницы)	корни <i>Festuca rubra</i>
168.1	--	--	корни <i>Agrostis vulgaris</i>
177.1	--	пашня (поле люцерны)	корни <i>Trifolium pratense</i>
176.1	--	--	корни <i>Poa annua</i>
183.1	--	лес широколиственный (дуб, липа, клен и береза)	корни <i>Filipendula ulmaria</i>
178.1	--	--	корни <i>Alchemilla vulgaris</i>
204.1	--	--	почва дерново-подзолистая глееватая
192.1	--	естественный луг	корни <i>Epilobium angustifolium</i>
197.1	--	--	корни <i>Vicia sepium</i>
194.1	--	--	корни <i>Calamagrostis epigeios</i>
190.1	--	--	корни <i>Anthoxanthum odoratum</i>
200.1	--	--	корни <i>Potentilla anserina</i>
198.1	--	--	корни <i>Trifolium repens</i>
202.1	--	--	корни <i>Fragaria vesca</i>
208.1	--	--	корни <i>Aegopodium podagraria</i>
206.1	--	--	почва дерново-подзолистая глееватая

Проведена оценка активности каждого из анализируемых 20 штаммов АМ-грибов, представленных в таблице 1. Показатели микоризации *P. australis* представлены в таблице 2. Так, к наиболее активным по встречаемости микоризной инфекции относятся штаммы 153.1 *Rhizophagus irregularis*, шт. 160.3 *R. irregularis*, шт. 197.1 *Glomus ambisporum*, шт. 194.1 *G. hoi*, шт. 178.1 *G. aggregatum*, шт. 168.1, шт. 156.1, шт. 176.1, шт. 198.1, шт. 202.1, шт. 208.1, шт. 206.1 и шт. 202.1. Наименее активными были штаммы 183.1 *R. fasciculatus* и шт. 190.1 *G. microaggregatum*, причем у последнего не наблюдается развитие везикул и внутрикорневых спор в корнях *P. australis*. У штамма 168.1 отсутствовало арбускулообразование в корнях *P. australis*. Низким обилием арбускул также характеризовался шт. 160.3 *R. irregularis*, а шт. 167.1 *Paraglomus laccatum* характеризовался слабым развитием везикул (таблица 2).

Таблица 2 – Активность развития изолятов АМ-грибов в корнях плектрантуса южного по данным показателей микоризации

№ штамма	Видовое название	F, %	M, %	m, %	A, %	a, %	B, %	b, %
153.1	<i>Rhizophagus irregularis</i>	91,4	38,3	41,6	9,9	23,6	21,6	57,2
156.1	идентифицируется	93,0	42,5	45,6	14,5	35,4	9,8	22,6
160.3	<i>Rhizophagus irregularis</i>	81,4	45,3	54,6	0,2	0,6	40,7	89,2
166.1	<i>Dominikia minuta</i>	65,1	27,1	41,3	16,2	63,2	6,3	21,5
167.1	<i>Paraglomus laccatum</i>	64,0	25,3	33,0	15,8	35,5	0,6	3,3
168.1	идентифицируется	84,9	58,4	68,8	0,0	0,0	49,4	84,7
177.1	идентифицируется	78,1	37,4	47,9	21,9	52,1	27,0	68,2
176.1	идентифицируется	90,5	38,6	42,7	3,2	8,3	17,6	45,7
183.1	<i>Rhizophagus fasciculatus</i>	17,2	2,4	14,0	0,6	24,8	0,5	21,1
178.1	<i>Glomus aggregatum</i>	81,6	41,1	50,2	9,0	21,8	26,4	61,9
204.1	идентифицируется	98,1	51,3	52,3	32,4	63,2	12,4	24,2
192.1	<i>Sclerocystis rubiformis</i>	52,6	15,4	27,8	8,6	44,2	1,8	7,9
197.1	<i>Glomus ambisporum</i>	86,6	41,3	47,5	24,6	55,6	7,4	17,2
194.1	<i>Glomus hoi</i>	83,2	38,7	46,2	30,1	77,8	21,2	50,8
190.1	<i>Glomus microaggregatum</i>	27,3	8,6	31,3	4,0	46,2	0,0	0,0
200.1	идентифицируется	65,6	24,3	35,9	18,0	73,2	10,0	33,0
198.1	идентифицируется	93,2	51,8	55,6	43,4	83,8	49,1	94,8
202.1	идентифицируется	87,1	55,6	64,2	38,8	70,8	44,5	81,0
208.1	идентифицируется	88,8	51,6	57,9	37,0	73,4	36,1	71,7
206.1	идентифицируется	89,7	44,4	49,6	21,8	49,0	16,1	36,2

Примечание: F – встречаемость микоризной инфекции, M и m – интенсивность микоризации в корне и его микоризованной части, соответственно, A и a – обилие арбускул, B и b – обилие везикул в корне и его микоризованной части, соответственно. Серым цветом показаны значения, достоверно (P<0,05) более низкие в сравнении с остальными средними значениями по штаммам АМ-грибов.

Зависимости между типом экосистемы и параметрами микоризации не выявлено. Результаты показали, что большинство штаммов (кроме №№ 183.1 и 190.1) имели высокую встречаемость микоризной инфекции в корнях плектрантуса южного ($81,9 \pm 2,9\%$ в среднем), что свидетельствует о том, что данное растение хорошо подходит в качестве накопительной

культуры для поддержания коллекции полученных штаммов АМ-грибов. Планируется дальнейшая идентификация изолятов АМ-грибов.

Работа поддержана грантом РФФИ-офи-м №15-29-02753.

Список использованных источников

1. Юрков А.П., Степанова Г.В., Якоби Л.М., Кожемяков А.П., Сергалиев Н.Х., Аменова Р.К., Джапаров Р.Ш., Володин М.А., Тлепов А.С., Баймуканов Е.Н. Продуктивность яровой и озимой пшеницы при использовании гриба арбускулярной микоризы *Glomus intraradices* в условиях дефицита влаги // Кормопроизводство. – 2012. – №12. – С. 18–24.
2. Oehl F., Sieverding E., Palenzuela J., Ineichen K., da Silva G.A. Advances in Glomeromycota taxonomy and classification // IMA Fungus. – 2011. – V. 2. – P. 191–199.
3. Schenk N.C., Perez Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi / N.C. Schenk, Y. Perez. – 2 Edition. – INVAM, 1988. – 241 p.
4. Blaszkowski J. Species descriptions and illustrations. Date update: 13.10.2016. URL: <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Species%20descriptions%20of%20AMF.html>.
5. INVAM. Rhizophagus intraradices / West Virginia University, 2017. Date update: 30.06.2014. URL: <http://invam.wvu.edu/the-fungi/classification/>.
6. Trouvelot A., Kough J.L., Gianinazzi-Pearson V. Mesure du taux de mycorhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de methodes ayant une signification fonctionnelle / V. Gianinazzi-Pearson, S. Gianinazzi // Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae. – Paris: INRA-Press, 1986. – P. 217–221.
7. Phillips J.M., Hayman D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection // Transact. British Mycor. Soc. – 1970. – V. 55. – P. 158–161.
8. Schüßler A. Glomeromycota species list. Data Update: 01.01.2017. URL: <http://www.amf-phylogeny.com>.

Yurkov A.P.^{1,2,3}, Gorbunova A.O.³, Kryukov A.A.¹

MORPHOLOGICAL IDENTIFICATION AND ACTIVITY FOR 20 ISOLATES OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI

¹All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology (Russia)

²Russian State Hydrometeorological University (Russia)

³Saint-Petersburg State University (Russia)

The parameters of mycorrhization for 20 arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) isolates were assessed and the morphological identification of 10 AMF isolates picked out in 2015 from soils and plant roots of the Moscow and Rostov regions was conducted. The results have demonstrated 18 out of 20 isolates have a high frequency of mycorrhizal infection in the roots of a storage culture (*Plectranthus australis* R.Br.).

Keywords: arbuscular mycorrhiza, fungus, Glomeromycota, morphology, mycorrhization.

ОЧЕРК О ЛИШАЙНИКАХ ОШМЯНСКОГО РАЙОНА, ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ (БЕЛАРУСЬ)

А.П. Яцына

*Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск
Белорусский государственный университет, Минск*

Предварительно выявлено таксономическое разнообразие лишайников Ошмянского района. В 11 локалитетах обнаружено 66 видов лишайников, из них 3 вида: *Candelariella efflorescens* R.C. Harris & W.R. Buck, *Parmelia omphalodes* (L.) Ach. и *Xanthoparmelia digitiformis* (Elix & P.M. Armstr.) Filson впервые приводятся для территории республики, а лишайник *Montanelia soredata* (Ach.) Divakar, A. Crespo, Wedin & Essl. включен в Красную книгу Беларуси.

Ключевые слова: лишайник, локалитет, Ошмянский район, новые виды, парк.

По литературным данным биологическому разнообразию лишайников северной части Гродненской области уделялось недостаточно внимания. В базе данных по лишайникам Беларуси (MSK-L) введено 18382 гербарных пакетов, в БД имеется информация о 10 видах лишайников, собраны Яцыной А.П. в 2010 и 2011 гг. на территории Ошмянского района: *Calogaya decipiens* (Arnold) Arup, Frödén & Söchting, *Cetraria ericetorum* Opiz, *Cladonia furcata* (Huds.) Schrad., *Collema tenax* (Sw.) Ach., *Graphis scripta* (L.) Ach., *Peltigera canina* (L.) Willd., *Peltigera rufescens* (Weiser) Humber, *Rusavskia elegans* (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt, *Polycauliona candelaria* (L.) Frödén, Arup & Söchting и *P. ucrainica* (S.Y. Kondr.) Frödén, Arup & Söchting. Таким образом, актуально провести инвентаризацию лишайников Ошмянского района.

Лишайники определялись по общепринятым методикам, собранный гербарный материал хранится в коллекции лишайников (MSK-L) лаборатории микологии ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси». Биологическое разнообразие лишайников Ошмянского района изучалось в начале мая 2017 г. в 11 локалитетах: 1. – д. Анкуды, парк; 2. – окр. д. Зеленый Бор. Памятник природы местного значения (ППМЗ) «Шаповаловский валун»; 3. – д. Огородники, парк; 4. – окр. д. Беннюны. ППМЗ «Гудовщинский валун 1»; 5. – окр. д. Микулишки (поворот на деревню). 54°21'17,6"N, 25°41'30,0"E. старые посадки Лиственницы европейской; 6. – окр. д. Анкуды. ППМЗ «Анкудовский валун»; 7. – окр. д. Лойтевщина. ППМЗ «Лойтевщинский валун 1»; 8. – д. Гологуры. В деревне, заброшенный дом; 9. – д. Бенюны; 10. – окр. д. Гиневцы. ППМЗ «Гиневский валун-1»; 11. – окр. д. Гологуры. ППМЗ «Гологурский валун». Ниже приводится аннотированный список видов. Новые виды лишайников для Беларуси обозначены в тексте (*). После каждого вида указывается место сбора, субстрат и номер, под которым образец хранится в коллекции лишайников (MSK-L).

1. *Acarospora fuscata* (Nyl.) Th. Fr. – 7, на валуне (18228); 11, на валуне (18207).
2. *Acrocordia gemmata* (Ach.) A. Massal. – 1, на коре *Fraxinus excelsior* L. (18290).
3. *Alyxoria varia* (Pers.) Ertz & Tehler – 1, на коре *Fraxinus excelsior* L. (18271); 3, на коре *Tilia cordata* Mill. (18224).
4. *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid. – 1, на коре *Betula pendula* Roth (18292).
5. *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb. ex A. Massal. – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18262).
6. *Arthonia radiata* (Pers.) Ach. – 3, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18229).
7. *Aspicilia cinerea* (L.) Körb. – 2, на валуне (18296).
8. *Bacidia rubella* (Hoffm.) A. Massal. – 1, на коре *Fraxinus excelsior* L. (18291).
9. *Buellia badia* (Fr.) A. Massal. – 7, на валуне (18209).

10. *Buellia griseovirens* (Turner & Borrer ex Sm) Almb. – 3, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18218).
11. *Calogaya decipiens* (Arnold) Arup, Frödén & Söchting – 3, на опоре ЛЭП. (18203).
12. *Calogaya saxicola* (Hoffm.) Vondrák – 3, на опоре ЛЭП. (18204).
13. *Candelaria concolor* (Dicks.) Arnold – 5, на коре *Larix decidua* Mill. (18222).
14. *Candelaria pacifica* M. Westb. & Arup – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18213); 3, на коре *Larix decidua* Mill. (18269).
15. **Candelariella efflorescens* R.C. Harris & W.R. Buck – 3, на сухих ветках *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18233);
16. *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg. – 11, на валуне (18205).
17. *Candelariella xanthostigma* (Pers. ex Ach.) Lettau – 3, на коре *Populus sp.* (18276).
18. *Carbonicola myrmecina* (Ach.) Bendiksby & Timdal – 3, на коре *Larix decidua* Mill. (18268).
19. *Chaenotheca brachypoda* (Ach.) Tibell – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18260).
20. *Chaenotheca brunneola* (Ach.) Müll. Arg. – 8, на древесине сруба. (18252).
21. *Chaenotheca chrysocephala* (Ach.) Th. Fr. – 5, на коре *Larix decidua* Mill. (18206).
22. *Chaenotheca furfuraceae* (L.) Tibell – 3, у основания ствола *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18280).
23. *Chaenotheca phaeocephala* (Turner) Th. Fr. – 5, на коре *Larix decidua* Mill. (18274).
24. *Chaenotheca trichialis* (Ach.) Hellb. – на коре *Acer platanoides* L. (18288).
25. *Coenogonium pineti* (Ach.) Lücking & Lumbsch – 1, на коре *Tilia cordata* Mill. (18219).
26. *Evernia prunastri* (L.) Ach. – 5, на коре *Larix decidua* Mill. (18245).
27. *Gallowayella fulva* (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell – 9, на коре *Acer platanoides* L. (18214).
28. *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav. – 1, на коре *Betula pendula* Roth (18248).
29. *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. – на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18215).
30. *Lecanora allophana* (Ach.) Nyl. – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18273).
31. *Lepraria neglecta* (Nyl.) Erichsen – 7, на валуне (18225).
32. *Massjukiella polycarpa* (Hoffm.) S.Y. Kondr., Fedorenko, S. Stenroos, Kärnefelt, Elix, J.S. Hur & A. Thell – 3, на коре *Larix decidua* Mill. (MSK-L 18249);
33. *Melanelixia glabrata* (Lamy) Sandler & Arup – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18261).
34. *Melanelixia subargentifera* (Nyl.) O. Blanco, et al. – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18263).
35. *Melanohalea exasperatula* (Nyl.) O. Blanco, et al. – 3, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18215).
36. *Montanelia soredata* (Ach.) Divakar, A. Crespo, Wedin & Essl. – 2, на валуне (18289); 10, на валуне (18211).
37. **Parmelia omphalodes* (L.) Ach. – 7, на валуне (18256).
38. *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale – 3, на коре *Populus sp.* (18253).
39. *Parmeliopsis ambigua* (Wulff) Nyl. – 1, на коре *Betula pendula* Roth (18247).
40. *Peltigera ponojensis* Gyeln. – 3, на трухлявом стволе (18259).
41. *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg – 3, на опоре ЛЭП. (18246).
42. *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg – 6, на валуне (18246).
43. *Phlyctis argena* (Ach.) Flot. – 3, на коре *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. (18232).
44. *Physcia tribacia* (Ach.) Nyl. – 6, на валуне (18279); 7, на валуне (18210).
45. *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt – 3, на коре *Tilia cordata* Mill. (18285).
46. *Physconia distorta* (Wirth.) J.R. Laundon – 1, на коре *Tilia cordata* Mill. (18284).
47. *Physconia enteroxantha* (Nyl.) Poelt – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18240).

48. *Physconia grisea* (Lam.) Poelt – 3, на коре *Salix fragilis* L. (18286).
49. *Physconia perisidiosa* (Erichsen) Moberg – 3, на коре *Acer platanoides* L. (18278).
50. *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18258).
51. *Polycauliona ucrainica* (S.Y. Kondr.) Frödén, Arup & Søchting – 1, на коре *Betula pendula* Roth (18293); 3, на коре *Larix decidua* Mill. (18250); 5, на коре *Larix decidua* Mill. (18281).
52. *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy – 4, на валуне (18282).
53. *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf – 1, на коре *Betula pendula* Roth (18294); на коре *Acer platanoides* L. (18243).
54. *Psilolechia lucida* (Ach.) M. Choisy – 8, на древесине сруба. (18251).
55. *Ramalina baltica* Lettau – 3, на коре *Larix decidua* Mill. (18267).
56. *Ramalina farinacea* (L.) Ach. – 1, на коре *Tilia cordata* Mill. (18270).
57. *Ramalina fastigiata* (Pers.) Ach. – 1, на коре *Tilia cordata* Mill. (18287).
58. *Ramalina fraxinea* (L.) Ach. – 1, на коре *Acer platanoides* L. (18242); 3, на коре *Acer platanoides* L. (18255).
59. *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. – 3, на коре *Populus* sp. (18254).
60. *Rusavskia elegans* (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt – 3, на опоре ЛЭП (18272).
61. *Tuckermannopsis chlorophylla* (Willd.) Hale – 5, на коре *Larix decidua* Mill. (18244).
62. *Xanthoparmelia conspersa* (Ehrh. ex Ach.) Hale – 4, на валуне (18283); 7, на валуне (18231).
63. **Xanthoparmelia digitiformis* (Elix & P.M. Armstr.) Filson – 7, на валуне (18220).
64. *Xanthoparmelia pulla* (Ach.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch – 7, на валуне (18230).
65. *Xanthoparmelia verruculifera* (Nyl.) O. Blanco, A. Crespo, Elix, D. Hawksw. & Lumbsch – 7, на валуне (18226).
66. *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. – 3, на коре *Salix fragilis* L. (18277).

В ходе предварительной ревизии лишенобиоты Ошмянского района выявлено 66 видов лишайников, такие виды, как *Candelariella efflorescens* R.C. Harris & W.R. Buck, *Parmelia omphalodes* (L.) Ach. и *Xanthoparmelia digitiformis* (Elix & P.M. Armstr.) Filson впервые приводятся для Беларуси, а лишайник *Montanelia sorediata* (Ach.) Divakar, A. Crespo, Wedin & Essl., отмеченный в двух локалитетах, включен в 4-тое издания Красной книги Беларуси и впервые приводится для Ошмянского района. На территории района найдены редкие виды лишайников для республики: *Buellia badia*, *Candelaria concolor*, *Gallowayella fulva*, *Psilolechia lucida* и *Ramalina baltica*. В настоящее время лишенобиота Ошмянского района содержит 72 вида лишайника.

Yatsyna A.P.

**FEATURE ARTICLE ABOUT THE LICHENS OF THE OSHMYANY DISTRICT,
GRODNO REGION (BELARUS)**

V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk(Belarus)
Belarusian State University, Minsk (Belarus)

Preliminary revealed taxonomic diversity of lichens of Oshmyany district. In 11 localities 66 lichens species were found, including 3 species: *Candelariella efflorescens* R.C. Harris & W.R. Buck, *Parmelia omphalodes* (L.) Ach. and *Xanthoparmelia digitiformis* (Elix & P.M. Armstr.) Filson were first reported for the territory of the republic, and lichen *Montanelia sorediata* (Ach.) Divakar, A. Crespo, Wedin & Essl. is included in the Red Book of Belarus.

Keywords: lichen, locality, Oshmyany district, new species, park.

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

УДК 598.243.3(476.7)

ЭКОЛОГИЯ БОЛЬШОГО ВЕРЕТЕННИКА *Limosa limosa* L. (Charadriidae, Charadriiformes) В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

И.В. Абрамова

Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, Брест

Большой веретенник в Беларуси – гнездящийся перелётный и транзитно мигрирующий вид. Прилетает в конце марта – второй декаде апреля, в среднем 8 апреля. Осенняя миграция происходит в конце июля – августе. Брачный сезон начинается в конце марта. В году одна кладка. Период размножения составляет около 2,5 месяцев. Численность большого веретенника в Беларуси в последние 40 лет флуктуировала, отмечена тенденция к ее уменьшению. Внесен в Красную книгу Республики Беларусь (2015), статус – третья категория охраны.

Ключевые слова: *Limosa limosa*, Charadriidae, Charadriiformes, орнитофауна, Беларусь.

Внимание орнитологов к этому виду в последние десятилетия связано с общим сокращением численности вида в пределах ареала [1, 2, 3]. Большой веретенник в Беларуси до 1970-х гг. являлся обыкновенным видом [4], в конце XX в. вид перешел в категорию немногочисленных [5], в 1996 г. был исключен из списка охотничьих видов птиц. Численность большого веретенника во второй половине прошлого века прогрессивно сокращалась в результате потери местообитаний (следствие широкомасштабной мелиорации, зарастания пойменных лугов, гибели и разрушения гнезд при сельскохозяйственном использовании и др.). Вид включен в Красную книгу Беларуси с 2004 г., статус охраны – третья категория [6, 7]. В Красном списке МСОП с 2006 г. статус вида – близкий к уязвимому положению (NT) [3]. Большой веретенник включен в Приложение II Директивы ЕС по охране редких птиц, Приложение III Бернской конвенции, Приложение II Боннской конвенции, Приложение II Соглашения по охране афро-евразийских мигрирующих водоплавающих птиц, отнесен к SPEC 2.

Материал по биологии и экологии большого веретенника был собран в марте – ноябре в разных районах юго-западной Беларуси. Изучали биотопическое распределение, весеннюю и осеннюю миграции, размножение, питание, численность и ее динамику, используя стандартные методы полевых и камеральных исследований.

Большой веретенник распространен в Исландии, локально в Западной Европе, от центральной и восточной Европы полосой через Азию до Сахалина и Камчатки. Зимует в юго-западной Европе, северной и экваториальной Африке, юге Азии и Австралии [8]. В Беларуси и регионе в гнездовой период и на пролетах распространен неравномерно, более обычен в центральной и южной частях страны [4, 7].

В юго-западной Беларуси большой веретенник заселяет заливные луга пойм рек (Лесная, Западный Буг, Мухавец, Гривда, Ясельда, Щара и др.), моховые болота, болотца среди полей и лугов, посевы многолетних трав, влажные торфяники, травянистые берега озер (Споровское), водохранилищ (Локтыши, Луковское), рыбхозов («Страдочь», «Новоселки»,

«Селец»), примыкающие к водоемам луга и болота, выгоны, поля. Не избегает близости поселений человека (г. Брест, г. Ивацевичи, д. Любищицы и др.).

По многолетним наблюдениям (поймы рек Лесная, Западный Буг, Мухавец, Брестский р-н; пойма р. Гривда Ивацевичский р-н и др.), большой веретенник прилетает в регион 20 марта – 24 апреля, в среднем 8 апреля. Осенний отлет и пролет в регионе происходит в третьей декаде июля – августе (32 регистрации) [9].

В юго-западной Беларуси большие веретенники приступают к размножению в апреле. Гнездятся колониями ($n=50$) по 5–18 пар, иногда до 20–25 пар на 1 км^2 ($n=10$). Колонии, насчитывающие до 27 гнездящихся пар на 1 км^2 , отмечали другие орнитологи Беларуси [6]. Птицы разбиваются на пары, занимают гнездовые участки, совершают токовые полеты, издавая повторяющиеся звуки «веретень-веретень», что определило русское название этого вида. Веретенники занимают одни и те же участки на протяжении многих лет (поймы рек Лесная и Гривда, болото в микрорайоне Ковалево в г. Бресте). Достаточно выраженный консерватизм в отношении выбора мест гнездования у этого вида подтверждается тем, что птицы продолжают устраивать гнезда, несмотря на существенные изменения в биотопе (осушение, смена культурных растений, вспашка). Места гнездования ($n=66$) часто совпадают с чибисами, травниками, бекасами и другими куликами (колонияльные поселения в пойме р. Лесная Брестского р-на в 1980–2016 гг., пойма р. Гривда Ивацевичского р-на в 1978–2016 гг., болото Званец Дрогичинского р-на, болото Споровское Березовского р-на и др.). Реже встречаются одиночные гнездования. Гнезда располагаются на расстоянии 15–150 м одно от другого. Большие веретенники устраивают гнезда в одних случаях на открытых участках на земле, в других – среди подрастающей травянистой растительности. Размеры гнезд ($n=36$) [9]: диаметр гнезда 13–16 (в среднем 14,5), диаметр лотка 10,6–14,8 (в среднем 12,8), глубина лотка 2–6,3 (в среднем 4,0).

В третьей декаде апреля встречаются полные свежие кладки, разной степени насиженности – до третьей декады июня. Самки откладывают обычно 4 яйца, как исключение 3 или 5. Сроки яйцекладки у большого веретенника зависят от хода и характера весны. В холодные и затяжные весны птицы приступают к размножению на 1–2 недели позже средних многолетних сроков (25 апреля), в ранние – на 5–10 дней раньше (1975, 2002–2008, 2014, 2015 гг.). Веретенники откладывают яйца не одновременно (в одном сезоне сроки откладки яиц растянуты на 10–14 дней, иногда больше). Часть свежих или слабо насиженных кладок, зарегистрированных во второй половине мая, по-видимому, были повторными.

Средние размеры яиц ($n=45$) – $53,9 \pm 0,1 \times 37,7 \pm 0,2$ [9], что соответствует литературным данным [10]. Масса насиженного яйца ($n=18$) изменяется от 38,0 до 41,4, в среднем 40,0 [9]. В регионе, как и других частях ареала, у большого веретенника в году один выводок. Насиживание продолжается около 21–24 дней. В нем принимают участие оба партнера. Птенцы появляются в третьей декаде мая. В возрасте 1–2 дней птенцы покидают гнезда. Выводки в течение 2–3 дней держатся около гнезда, затем перемещаются в более защищенные и кормные места. В выводке с пуховичками ($n=32$) от 2 до 4 птенцов (в среднем 3,2, с подлетками ($n=13$) – от 1 до 4 (в среднем 2,8) [9].

В июле, когда молодые достигли месячного возраста и могут летать, птицы покидают гнездовые участки и кочуют небольшими стайками по 4–15 особей по отмелям водоемов (озер, водохранилищ, прудов рыбхозов), часто вместе с другими куликами.

С 1980 по 2007 гг. была прослежена судьба двух гнездовых колоний большого веретенника. Одна из них (6–15 гнезд) расположена в окрестностях г. Бреста в пойме р. Лесной. За этот период кладки в 12 случаях (49,9%) были полностью разорены или уничтожены в результате раннего (май – первая половина июня) скашивания травы на подкормку сельскохозяйственным животным, в шести случаях (21,4%) выводки большого веретенника были полностью или частично уничтожены пасущимся крупным рогатым скотом, бродячими собаками или кошками. В другой колонии (7–20 гнезд), которая находится в пойме р. Гривда у д. Любищицы Ивацевичского района, таких случаев было соответственно 9 (32,2%) и 3 (10,7%). Успешное размножение в этих местообитаниях отмечено в 50% сезонов.

Неоднократно (n=18) отмечали гибель кладок и птенцов от бродячих собак на болоте в долине р. Мухавец (г. Брест). В этом биотопе в 1995–2007 гг. выявлено 10 случаев гибели кладок и птенцов от серой вороны, которые ежегодно строили 2 гнезда на одиночно растущих деревьях вблизи от мест гнездования большого веретенника. Врагами большого веретенника являются горностай, лисица, перепелятник, тетеревиный, болотный и луговой луни и другие хищные животные.

Визуальные наблюдения (n=104) и вскрытие желудков (n=18) показали, что большие веретенники питаются различными беспозвоночными (как наземными, так и водными) [9]. Поедают жуков, саранчовых, чешуекрылых, личинок плавунцов и водолюбов, рачков, прудовиков, иногда в рацион включают различные растения. Корм добывают в дневное время.

Резкое сокращение численности птиц в Беловежской пуше произошло в 1980–1981 гг. после осушения болот [11]. Уменьшение численности веретенника отмечено нами на стационарах. В 1980–2016 гг. в пойме р. Лесная (Брестский р-н, участок длиной 5 км, шириной 500 м) гнездились 5–25 пар птиц, плотность составляла 2,9–8,0 пар/км², в последние 20 лет отмечено снижение численности этого вида. Веретенники гнездились вместе с чибисами, травниками, в некоторые годы – с бекасами. В пойме р. Мухавец в черте г. Бресте на зарастающем болоте (площадь около 0,5 км²) в эти же годы гнездились 3–6 пар, в 2006–2007 гг. в связи со строительством гребного канала и его инфраструктуры площадь болота сократилась примерно на половину, на гнездовании отмечено 2–3 пары веретенника, в 2015–2016 гг. веретенники здесь не гнездились. Другое колониальное поселение (8–14 пар) располагалось на мокром лугу на расстоянии около 1,5 км.

Плотность населения большого веретенника в поймах рек Лесная, Гривда, Западный Буг, где ежегодно отмечено колониальное гнездование этого вида, летом составляла от 2 до 30 ос./км², на выгонах 6,8 ос./км², в прибрежной зоне р. Гривда у д. Любищицы 5,5 ос./км², р. Мухавец 6,8 ос./км² [12]. В пойме р. Гривда (Ивацевичский р-н, у д. Любищицы) в 1982–2016 гг. количество гнездящихся пар составляло от 3,8 до 10 на 1 км². Корреляционный анализ выявил снижение численности этого вида от года к году с 1980 по 2016 г. (коэффициент корреляции рангов Спирмэна для поймы р. Лесная $r_s = -0,11$; поймы р. Гривда $r_s = -0,15$; в обоих случаях $p < 0,05$).

Численность большого веретенника в Беларуси оценивается в 6–8,5 тыс. гнездящихся пар [5], в регионе, по нашим данным, в 1995–2016 гг. – 1,5–2 тыс. пар с тенденцией слабого уменьшения. Для большого веретенника основными факторами угрозы являются сокращение площади территорий, пригодных для обитания птиц, в результате проведения мелиоративных работ, гибель гнезд и птенцов в результате деятельности хищников, при скашивании травы и выпасе рогатого скота, беспокойство птиц со стороны человека в период гнездования.

Список использованных источников

1. Cramp, S The Birds of the Western Palearctic / S. Cramp. – Oxford, London, New York: Oxford Univ. Press., 1985. – Vol. 4. – 960 p.
2. Tucker, G.M. Birds in Europe: their conservation status / G.M. Tucker, M.F. Heath. – Cambridge : Bird Life international, 1994. – 600 p.
3. The IUCN Red List [электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.iucnredlist.org>. – Дата доступа 25.05.2017.
4. Федюшин, А.В. Птицы Белоруссии / А.В. Федюшин, М.С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1967. – 519 с.
5. Птицы Беларуси на рубеже XXI века / М.Е. Никифоров [и др.]. – Минск : изд-во Н.А. Королева, 1997. – 188 с.
6. Красная книга Республики Беларусь: Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / редкол. : Л.И. Хоружик [и др.]. – Минск : Беларус. энцыклапедыя, 2004. – 320 с.
7. Красная книга Республики Беларусь. Животные : редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / гл. редкол. : И.М. Качановский (предс.), М.Е. Никифоров, В.И. Парфенов [и др.]. – 4-е изд. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 320 с.
8. Птушкі Еўропы / агульны рэд. М.Я. Нікіфараў. – Варшава: Навуковае выдавецтва ПВН, 2000. – 350 с.
9. Гайдук, В.Е. Экология птиц юго-запада Беларуси. Неворобьинообразные : монография / В.Е. Гайдук, И.В. Абрамова ; Брест. гос. ун-т. – Брест : Изд-во БрГУ, 2009. – 300 с.
10. Никифоров, М.Е. Птицы Белоруссии: справочник-определитель гнезд и яиц / М.Е. Никифоров, Б.З. Яминский, Л.П. Шкляр. – Минск : Вышэйшая школа, 1989. – 479 с.
11. Дацкевич, В.А. Исторический очерк и некоторые итоги орнитологических исследований в Беловежской пуще (1945–1985) / В.А. Дацкевич. – Витебск : ВГУ, 1998. – 115 с.
12. Абрамова, И.В. Структура и динамика населения птиц экосистем юго-запада Беларуси / И.В. Абрамова. – Брест : Изд-во БрГУ, 2007. – 208 с.

Abramova I.V.

THE ECOLOGY OF THE BLACK-TAILED GODWIT *LIMOSA LIMOSA* L. (CHARADRIIDAE, CHARADRIIFORMES) IN THE SOUTHWEST OF BELARUS

Brest State University named after A.S. Pushkin (Belarus)

The black-tailed godwit is a passage nesting and transmigrating species in Belarus. Black-tailed godwit arrives to Belarus in the end of March – middle of April. Autumn migration occurs in the end of July – August. The mating season begins in the end of March. Normally, there is one clutch year. The breeding season makes about 2.5 months. During the last 40 years abundance of the black-tailed godwit in Belarus fluctuated and tended to decrease. It is listed in the Red data book of Belarus (2015) with the status of the third category of preservation.

Keywords: *Limosa limosa*, Charadriidae, Charadriiformes, avifauna, Belarus.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПРОМЫСЛОВОЙ МЕРЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫСЛА ДЛИННОПАЛОГО РАКА

А.В. Алехнович, Д.В. Молотков
НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам

Принятая в Правилах лова раков, минимальная промысловая мера равная 10,5 см общей длины позволяет самкам длиннопалого рака участвовать в размножении 1-2 раза, а также обеспечивает максимальную скорость роста особей, которая отмечается у особей длиной 10-11 см на четвертом году жизни. Однако минимальная промысловая мера может и должна изменяться с учетом конкретных условий обитания промысловой популяции

Ключевые слова: длиннопалый рак, минимальная промысловая мера.

Длиннопалый рак *Astacus leptodactylus* является ценным промысловым видом Беларуси. Как и любого другого воспроизводимого биологического ресурса, эксплуатация запасов раков наших водоемов требует знаний о промысловом запасе, оценке пополнения, особенностях роста и смертности особей. Учет этих популяционных параметров позволяет с приемлемой точностью определить общий допустимый вылов и обеспечить рациональный промысел в течение длительного времени.

Среди ограничений, регулирующих промысел, одним из основных является установление промысловой меры. Промысловой мерой называют минимальный размер особи, начиная с которого их разрешено вылавливать.

Вопросы, связанные с оценкой промысловой меры имеют очень длительную историю исследований. В основу оценки промысловой меры положены подходы, которые ориентированы на получение максимальной биомассы, путем включения в промысел особей с наибольшим годовым приростом или же получение достаточно большого пополнение популяции молодью. Так, в работе В.Н. Лукашова (1964) рекомендуется определять её, исходя из условия получения максимального уравновешенного улова. В этом случае минимальная длина рыб в улове должна соответствовать тому их возрасту, при котором масса поколения рыб в онтогенезе достигает максимума (следует учитывать скорость роста особей и их естественную смертность). Другая позиция изложена, например, в работе Л.С. Бердичевского (1969) и других, где промысловую меру связывают с проблемой воспроизводства популяции. Предполагается, что промысел должен базироваться на особях, которые уже отнерестились от одного до трёх раз. Компромисс между изложенными выше подходами заключается в учете обоих.

В доступной нам литературе мы не нашли общих подходов при определении минимальных размеров разрешаемых к вылову раков. Но подчеркивается, что минимальная промысловая мера – общий принцип управления популяциями широкопалого рака (Skurdal and Taugbøl, 2002). В Норвегии минимальная промысловая длина 95 мм (от острия рострума до конца тельсона, TL) и такая регуляция позволяет самкам широкопалого рака участвовать в размножении хотя бы один раз (Skurdal et al., 2002). Однако моделирование динамики численности раков на основе анализа длительного ряда наблюдений (29 лет) показывает, что вне зависимости от минимальной промысловой меры (будь она 95 мм или 135 мм), конечная численность популяции практически одинаковая. Даже если снять все ограничения на лов самцов и отказаться от промысловой меры, то численность популяции по модели не будет снижаться, т.е. будет вполне сопоставимой с той, которая была бы в популяции с регуляцией минимальных размеров (Sadykova et al., 2011). В работе утверждается, что регуляция минимальной промысловой меры традиционный подход, но не в меньшей мере сохранение

самок больших размеров будет давать даже больший эффект для сохранения численности популяции. Поскольку крупные самки широкопалого рака не только продуцируют больше яиц, но и обеспечивают лучшую защиту яиц в период вынашивания (Skurdal & Taugbol 1994). Отметим, что у самок длиннопалого рака плодовитость растет с размерами особей, но вместе с тем у крупных самок многих популяций отмечается увеличение потерь яиц в процессе их вынашивания (Alekhnovich, Kulesh, 1997).

Тем не менее, следует согласиться с тем, что минимальная промысловая мера должна гарантировать самке участие, по крайней мере, один раз в размножении. Это позволяет популяции поддерживать численность на относительно стабильном уровне и выдерживать высокий промысловый пресс (Skurdal et al., 1993). В водоемах Беларуси по нашим данным минимальная длина половозрелых самок длиннопалого рака изменяется в зависимости от мест обитания от 7,9 до 9,9 см и в среднем составляет $9,0 \pm 0,76$ см общей длины ТЛ. В действующих Правилах минимальный размер вылавливаемых особей длиннопалого рака составляет 10,5 см ТЛ. Следовательно, самки общей длиной 10,5 см смогут не менее одного раза участвовать в воспроизводстве молоди. Таким образом, установленный в Правилах минимальный промысловый размер позволяет половозрелым самкам до начала промыслового изъятия участвовать в одном – двух периодах размножения.

При определении минимальной промысловой меры следует учитывать и особенности роста раков. В этом случае промысловую меру можно определять и с позиций получения максимального улова. Разрешенная минимальная длина раков в улове должна соответствовать такому возрасту, при котором годовой прирост массы особи наибольший. До тех пор пока годовой прирост раков увеличивается целесообразно их оставлять в популяции, а вылов начинать с размеров особей, у которых отмечается снижение годового прироста. Естественно при этом следует обеспечить и воспроизводство эксплуатируемой популяции, но, если мы поставили задачу получить максимальный урожай, то следует проанализировать годовые приросты особи и оценить возраст, в котором приросты максимальны (таблица 1).

Таблица 1 – Средние значения годовой скорости роста массы тела в популяциях длиннопалого рака оз. Соминское

Возраст, лет	2	3	4	5	6	7
Прирост, грамм · год ⁻¹	11,08	14,08	14,43	13,06	11,15	8,79

В оз. Соминское в возрасте 4 года средняя длина самцов составила $10,7 \pm 0,6$ см, самок – $10,4 \pm 0,3$ (Алехнович, 2014). Следовательно, раки начинают облавливаться промыслом в возрасте, когда скорость роста особей максимальна, что позволяет получить максимальный урожай.

Таким образом, принятая в Беларуси промысловая мера равная 10,5 см общей длины позволяет самкам участвовать в 1-2 периодах размножения и соответствует размерам особей, при которых отмечается максимальный годовой прирост массы тела.

Наличие промысловой меры кажется разумным и логически непротиворечивым предложением. Но многолетние экспериментальные исследования, поставленные на небольшом финском озере, показывают, что вне зависимости от промысловой меры – 9 см ТЛ или 10 см ТЛ в экспериментальных популяциях раков снижаются средние размеры особей, уменьшается доля крупных коммерчески ценных особей, снижается репродуктивный потенциал (доля половозрелых особей в общей выборке) (Tulonen et al., 2008). Данный

эксперимент дает основание утверждать, что наличие различных промысловых мер с течением времени (7 лет) приводит к схожим ответам популяции на различную стратегию лова раков. Все это говорит о сложности и неоднозначности ответной реакции популяции на промысел и, возможно, на наличие не учитываемых нами важных факторов, регулирующих рост, размножение, смертность особей. Цитируемые авторы утверждают, что любая промысловая мера ведет к измельчанию раков в популяции. Отметим, что постоянное изъятие быстрорастущих крупных особей в результате промысла можно рассматривать как эффективный искусственный отбор, который ведет к приспособительным изменениям популяции. Низкие значения скорости роста в течение десятилетий могут генетически закрепляться. Популяция будет иметь мелкие размерно-возрастные характеристиками даже в тех случаях, где снят промысловый пресс, низкая плотность и хорошие условия для роста. Это обстоятельство указывает на необходимость управления режимом эксплуатации с учетом эволюционных последствий длительного промыслового воздействия и условий обитания популяций.

Список использованных источников

1. Алехнович, А.В. Продолжительность жизни. Рост и размножение длиннопалого рака *Astacus leptodactylus* в озере Соминское // Весці НАН Беларусі. Сер. біял. Навук. – 2014. – №3. – С. 80–88.
2. Бердичевский, Л.С. 1969. Биологические основы рациональной эксплуатации рыбных запасов // Труды ВНИРО. – 1969. – Т. LXVII. – С.10–31.
3. Лукашев, В.Н. Методы расчета наименьшей промысловой меры на рыбу // Труды ВНИРО. – 1970. – Т. LXXI. – С.281–293.
4. Alekhnovich, A.V. Comparative analysis of reproduction of narrow clawed crayfish *Astacus leptodactylus* Esch. (Crustacea, Decapoda, Astacidae) in its eastern area / A. V. Alekhnovich, V. F. Kulesh // Freshwater crayfish. – 1997. – №.11. – P. 339 – 347.
5. Sadykova, D. Saving the largest makes a difference: exploring effects of harvest regulations by model simulations for noble crayfish, *Astacus astacus* / D. Sadykova, J. Skurdal, D.O. Hessen and T. Schweder // Fisheries Management and Ecology. – 2011. – V., 18. – P. 307–313. doi: 10.1111/j.1365-2400.2011.00784.x
6. Skurdal, J. 1993. Long term study of exploitation, yield and stock structure of noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden, S.E. Norway / J. Skurdal J., T. Qvenild, T. Taugbol & E. Gamas // Freshwater Crayfish. – 1993. – V. 9. – P. 118–133.
7. Skurdal, J. Do we need harvest regulations for European crayfish? / J. Skurdal & T. Taugbol // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 1994. – V. 4. – P. 461–485.
8. Skurdal, J. *Astacus* // Biology of Freshwater Crayfish / J. Skurdal & T. Taugbol // Holdich D.M. (ed.) – Blackwell Science Ltd., Oxford. – 2002. – P. 467–510.
9. Skurdal, J., Garnas E., Taugbol T. 2002. Management strategies, yield and population development of the noble crayfish *Astacus astacus* in Lake Steinsfjorden / J. Skurdal, E. Garnas, T. Taugbol // Bull. Fr. Peche Piscic. – 2002. – V. 367. – P. 845–860.
10. Tulonen J. The Effects of Minimum Regulations and Exploitation on Population Dynamics on Noble Crayfish (*Astacus astacus* (Linnaeus)) in a Small Lake in Central Finland: a Seven Year Study / J. Tulonen, E. Erkamo, J. Jussila. and A. Mannonen A. // Freshwater Crayfish. – 2008. – V. 16. – P. 7–14.

Alekhnovich A.V., Molotkov D.V.

THE ORGANIZATION OF LONG-TERM RATIONAL FISHING OF NARROW-CLAWED CRAYFISH AND THE WAYS TO EVALUATE THE FISHING MEASURE The Scientific and Practical Center for Bioresources (Belarus)

The minimal fishing measure of 10.5 cm of total length, which is adopted in the Rules of crayfish fishing, allows narrow-clawed crayfish females to reproduce 1-2 times. It also provides the maximum growth rate for individuals of 10-11 cm length during their fourth year. However, the minimal commercial measure may change depending on the specific habitat conditions of the commercial part of population.

Keywords: narrow-clawed crayfish, minimal fishing measure.

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ ГЕЛЬМИНТОВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ РЫБ В РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ

Е.И. Бычкова¹, С.М. Дегтярик², М.М. Якович¹

¹Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск

²Республиканское дочернее унитарное предприятие "Институт рыбного хозяйства" республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск

В рыбоводных хозяйствах и промысловых озерах Беларуси у 6 интродуцированных видов рыб (каarp, карась серебряный, толстолобик пестрый, амур белый, осетр ленский, стерлядь) зарегистрировано 7 чужеродных видов гельминтов (моногогенетические сосальщики – 1, цестоиды – 4, нематоды – 2).

Ключевые слова: чужеродные виды, гельминты, интродуцированные виды, рыбы, рыбоводные хозяйства.

Введение. В селекционных целях и для выращивания рыбы в искусственных условиях в рыбоводные хозяйства Беларуси с Дальнего Востока, из Украины и других регионов были завезены новые виды рыб (сазан амурский, толстолобики: белый и пестрый, амур белый и др.). Одной из важных проблем, связанных с вселением чужеродных видов рыб, является интродукция в водоемы новых, различных по степени патогенности видов паразитов, что приводит к появлению ряда новых опасных паразитарных заболеваний, приводящих к массовой гибели как рыб-интродуцентов, так и представителей нативной фауны. Кроме того, интродуцированные виды рыб (такие как карп, амур белый, толстолобик пестрый, осетр ленский и др.) интенсивно заражаются «местными» паразитами, что, в силу отсутствия у них иммунитета к данным видам влечет за собой развитие эпизоотий. Все вышеизложенное свидетельствует об актуальности для территории Беларуси исследований по изучению чужеродных видов гельминтов интродуцированных видов рыб в рыбоводных хозяйствах республики.

Материалы и методы исследований. Материалом для настоящего сообщения послужили материалы гельминтологических вскрытий интродуцированных видов рыб различных возрастных групп в 2016-2017 гг. из рыбоводных прудов Открытого Акционерного Общества (ОАО) «Опытный рыбхоз «Селец» (отделения «Белоозерск» и «Центральное»), ОАО «Рыбокомбинат «Любань», ОАО «Рыбхоз «Свислочь», ОАО «Рыбхоз «Волма», СПУ «Изобелино», из озер (оз.) Белое и Черное Брестской обл., из оз. Лукомльское. Всего обследовано 590 экземпляров (экз.) рыб (каarp обыкновенный (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) – 275 экз., карась серебряный (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782) – 90 экз., толстолобик пестрый (*Hypophthalmichthys nobilis* (Richardson, 1845) – 50 экз., амур белый (*Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844) – 55 экз., осетр ленский (*Acipenser baeri* Brandt, 1869) – 80 экз., стерлядь (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) – 40 экз.). Полное паразитологическое обследование рыб проводили согласно общепринятым методикам [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты проведенных исследований показали, что паразиты интродуцированных видов рыб широко распространены как в естественных водоемах, так и в прудовых хозяйствах Беларуси. Анализ литературных данных и результатов гельминтологических вскрытий показал, что у 8 видов интродуцентов (каarp серебряный, карп, угорь европейский, толстолобики: белый и пестрый, амур белый, осетр ленский и стерлядь) в прудовых хозяйствах и в естественных водоемах Беларуси паразитирует 31 вид паразитических червей: моногогенетические сосальщики – 10, цестоиды – 7, трематоды – 9, нематоды – 2, акантоцефалы – 3. Среди зарегистрированных гельминтов 7 видов являются чужеродными (*Dactylogyrus dulkeiti* Bychowsky, 1936; *Khawia sinensis* Hsü, 1935; *Bothriocephalus acheilognathi*, Yamaguti, 1934; *Caryophyllaeus fimbriceps* Annenkova-Chlopina, 1919; *Bothriocephalus claviceps* (Goeze, 1782); *Anguillicola crassus* Kuwahara 1974; *Philometroides*

cyprini (Ishii, 1931) = Syn.: *Philometroides lusiani* (Vismanis, 1966), которые появились в прудовых хозяйствах и естественных водоемах при зарыблении их посадочным материалом промысловых видов рыб. Среди них имеются виды, обладающие широкой биологической валентностью (*Kh. sinensis*, *B. acheilognathi* и *C. fimbriceps*), которые паразитируют как у интродуцентов, так и у видов нативной фауны, и узкоспецифичные виды (*D. dulkeiti*, *An. crassus*, *B. claviceps*, *Ph. cyprini*), характерные только для одного вида рыб.

Наиболее широко среди рыб распространена цестода *Kh. sinensis*. За более чем 50 лет *Kh. sinensis*, завезенная на территорию Беларуси с посадочным материалом амурского сазана с Дальнего Востока, распространилась по рыбоводным хозяйствам, а затем и по естественным водоемам страны, представляя существенную угрозу для рыбоводства. Возбудители кавиоза, цестоды *Kh. sinensis*, в обследованных нами рыбоводных хозяйствах, были выявлены у карпа различных возрастных групп: от сеголетков до производителей. Экстенсивность инвазии карпов составила 28,6 %, интенсивность инвазии – 1-22 экз./ особь.

Цестоды *B. acheilognathi* и *C. fimbriceps* были завезены на территорию Беларуси в то же время, что и *Kh. sinensis*, однако круг их хозяев из аборигенных видов рыб значительно уже, чем у *Kh. sinensis*. Возбудители ботриоцефалеза, цестоды *B. acheilognathi*, в обследованных нами рыбоводных хозяйствах, были выявлены у карпа (ЭИ – 16,0 %; ИИ – 1-2 экз./ особь) и амура белого (ЭИ – 40,0 %; ИИ – 4-9 экз./ особь). В среднем интродуценты были поражены данным видом цестод на 28,0 % с интенсивностью инвазии от 1 до 9 экз./особь. Нативным ареалом *C. fimbriceps* является Юго-Восточная Азия. На территории Беларуси вид регистрируется только в естественных водоемах [2].

Настоящей проблемой для прудовых хозяйств, разводящих карпа, является нематода *Ph. cyprini*. Согласно литературным данным, она отмечалась в разные годы, в ряде рыбхозов Беларуси. Переносчиками возбудителя послужили карпы, по разным причинам попавшие в естественные водоемы [3, 4]. Возбудители филометроидоза нематоды *Ph. cyprini*, в обследованных нами рыбоводных хозяйствах, были выявлены у карпа (ЭИ – 13,3 %; ИИ – 1-4 экз./ особь). В естественных водоемах на территории Беларуси данный вид нематод не регистрировался.

Среди узкоспецифичных видов гельминтов следует отметить паразита карася серебряного *D. dulkeiti* и 2 вида паразитов угря европейского: нематоду *An. crassus* и цестоду *B. claviceps*. Будучи чужеродными видами паразитов, обладающие приуроченностью к одному виду хозяев, эти виды широко распространились в их популяциях и наносят существенный ущерб рыбоводной отрасли.

В 70-е годы прошлого столетия в ряде прудовых хозяйств Беларуси у карася серебряного регистрировались моногенеи *D. dulkeiti* [5], появление которых в прудовых хозяйствах связано с зарыблением их посадочным материалом из российских рыбопитомников, где этот вид является широко распространенным в популяциях данного вида рыб. По нашим данным, в последние годы *D. dulkeiti* у карася серебряного на территории Беларуси встречается только в естественных водоемах. Так в озерах Нарочанской группы этот вид гельминтов регистрируется у карася серебряного с экстенсивностью инвазии 32,0 % и интенсивностью инвазии – 1-2 экз./особь [6, 7].

В связи с сокращением естественных запасов угря возрастает интерес к его искусственному выращиванию. Беларусь закупает угря на стадии стекловидной личинки и зарыбляет естественные водоемы для поддержания промысловых популяций. Вместе с посадочным материалом в водоемы попадают и характерные для европейского угря виды гельминтов – *B. claviceps*, *An. crassus*. По данным С.М. Дегтярик с соавторами [2] цестода *B. claviceps* в водоемах Беларуси регистрируется у особей данного вида в оз. Нещердо и оз. Дривяты с частотой встречаемости 10-20 % и интенсивностью инвазии не превышающей 3-4 пары/ на особь.

Проникновение в водоёмы Беларуси паразитической нематоды *An. crassus* в 80 годах поставило под угрозу угреводство в масштабах всей страны. В 1990 г. у европейского угря в четырёх крупных промысловых озёрах (Лукомльское, Свирь, Нещердо и Дривяты) отмечено

паразитирование нематоды *An. crassus*. В трёх из них, исключая последнее, инвазия сопровождалась гибелью угрей, иногда принимавшей массовый характер. При обследовании рыбы из озёр Лукомльское, Нещердо, было установлено, что экстенсивность инвазии угря в оз. Нещердо составляла 76 %, а в озере Лукомльское – около 100 %. Интенсивность инвазии достигала 31 экз./особь половозрелых нематод [8, 9].

Таким образом, в результате проведенных исследований у интродуцированных видов рыб в прудовых хозяйствах и промысловых озерах Беларуси зарегистрировано 7 чужеродных видов гельминтов (*Dactylogyrus dulkeiti*, *Khawia sinensis*, *Bothriocephalus acheilognathi*, *Bothriocephalus claviceps*, *Caryophyllaeus fimbriceps*, *Philometroides cyprini*, *Anguillicola crassus*). На основе полученных результатов исследований и анализа литературных данных можно отметить основные тенденции их адаптации в водоемах Беларуси: во-первых, широкое распространение ряда видов (*Kh. sinensis*, *B. acheilognathi*, *Ph. cyprini*, *An. crassus*) в популяциях интродуцентов и нанесение ущерба рыбоводной отрасли, во-вторых, освоение чужеродными видами гельминтов (*Kh. sinensis*, *B. acheilognathi*, *C. fimbriceps*) новых хозяев среди аборигенных видов рыб.

Список использованных источников

1. Быховская-Павловская, И. Е. Паразиты рыб: руководство по изучению / И. Е. Быховская-Павловская. – М.: Наука, 1985. – 123 с.
2. Цестоды, встречающиеся у рыб в условиях рыбоводных хозяйств и естественных водоемов Республики Беларусь / С. М. Дегтярик [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 2013. – Вып. 29. – С. 21-30.
3. Филометроидоз карпа в условиях Республики Беларусь / Э. К. Скурат и [др.]. // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 1994. – Вып. XII. – С. 121-126.
4. Скурат, Э. К. Результаты гематологических исследований при филометроидозе карпов / Э. К. Скурат, Е. И. Гребнева // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. – 1994. – Вып. XII. – С. 135-142.
5. Чечина, А. С. Паразитофауна серебряного карася, акклиматизированного в прудовых хозяйствах Белоруссии / А. С. Чечина // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. – 1972. – С. 15-57.
6. Бычкова, Е. И. Формирование гельминтофауны инвазивного вида рыб серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в водоемах Беларуси / Е. И. Бычкова // Доклады НАН Беларуси. – 2013. – Т. 57, № 6. – С. 82-84.
7. Бычкова, Е. И. Гельминтофауна серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) водных экосистем Беларуси / Е. И. Бычкова // Экологический вестник. – 2014. – № 2 (28). – С. 85-91.
8. Ус, В. В. Биология *Anguillicola crassus* (Kuwahara, 1974) (Nematoda. Camallanata) возбудителя ангуилликолеза угрей и эпизоотология заболевания : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.19 / В. В. Ус; Всеросс.науч.-исслед. ин-т гельминтологии им. К. Н. Скрябина. – М., 1997. – 29 с.
9. Дегтярик, С. М. Паразиты, встречающиеся у рыб – обитателей естественных водоемов Беларуси / С. М. Дегтярик // Ветеринарное дело. – 2015. – № 1 (43). – С. 11-16.

Bychkova¹ E.I., Degtyarik² S.M., Yakovich¹ M.M.

INVASIVE SPECIES OF HELMINTHS INTRODUCED FISH SPECIES IN THE FISHERIES AND FISHING LAKES OF BELARUS

¹ State Scientific and Production Association "Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources" (Belarus)

²Republican Daughter Unitary Enterprise «Fish Industry Institute» of the Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus of on Animal Husbandry» (Belarus)

In the hatcheries and commercial lakes of Belarus, 7 invasive species of helminths (monogenea - 1, cestoda - 4, nematoda - 2) were registered in 6 introduced fish species (*Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Hypophthalmichthys nobilis*, *Ctenopharyngodon idella*, *Acipenser baeri*, *Acipenser ruthenus*).

Keywords: invasive species, helminths, introduced species, fish, fish farms.

**РАПРОСТРАНЕНИЕ ВЫСШИХ РАКООБРАЗНЫХ В БАССЕЙНЕ
р. ЗАПАДНАЯ ДВИНА (ДАУГАВА)**

В.В. Вежновец¹, А.И. Макаренко¹, А. Шкуте², Я. Пайдере², А. Браковска²

¹Государственное научно-производственное объединение «Научно-практический центр
НАН Беларуси по биоресурсам, Минск

²Institute of Life Sciences and Technology, Daugavpils University, Daugavpils

Установлены особенности ареалов высших ракообразных в водоемах и водотоках р. Зап. Двина (Даугава). Анализ распространения чужеродной и нативной фауны высших раков в бассейне р. Зап. Двина показал, что на белорусской и латышской территории встречается почти одинаковый комплекс аборигенных видов, чужеродная фауна мало колонизировала эту реку в верхнем и среднем течении (Беларусь) и больше в нижнем на территории Латвии, что связано с зарегулированием стока этих участков реки в результате строительства гидроэлектростанций.

Ключевые слова: высшие ракообразные, Западная Двина, реликтовые, аборигенные, чужеродные виды.

Река Западная Двина или Даугава берет начало в России и является одной из крупных рек для территорий двух стран – Беларуси и Латвии. К настоящему времени нет полных данных о составе высших ракообразных класса Malacostraca. Распространение чужеродных видов на белорусской части бассейна р. Зап. Двина не проводилась, а для латышской территории известна только одна публикация, где указан только 1 чужеродный вид [1]. Кроме того, на территории Беларуси изучение состояния аборигенной и реликтовой фауны в бассейне этой реки проводилась более 30 лет назад [2]), а на территории Латвии [3] в середине прошлого столетия. Известно, что экспансия чужеродных видов, приводит к вытеснению аборигенной фауны [4]. Результатом воздействия видов-вселенцев как правило является снижение таксономического разнообразия за счет подавления или уничтожения аборигенной фауны [5]. Учитывая значительные изменения, которые сейчас происходят в нативной фауне под влиянием вселения чужеродных видов и гидростроительства, актуальным остается ревизия современного состояния и соотношения нативных и привнесенных элементов фауны разного происхождения.

Проведен анализ литературных данных, фондовых материалов лаборатории гидробиологии НПЦ по биоресурсам, архивных данных лаборатории озероведения БГУ, базы данных «Чужеродные инвазивные виды растений и животных в Беларуси» с целью определить видовой состав, встречаемость высших ракообразных в водоемах и водотоках всей Беларуси и бассейна реки Западная Двина на всем ее протяжении от границы с Россией до впадения в Балтийское море и сопоставить встречаемость видов разного происхождения этого класса с другими крупными реками Беларуси.

Установлено, что в к настоящему времени в фауне водоемов и водотоков Беларуси зарегистрировано пятнадцать видов бокоплавов из отряда разноногих ракообразных Amphipoda. Девять представителей этих видов являются чужеродными: *Chelicorophium curvispinum* (G.O. Sars, 1895), *Chelicorophium robustum* (G.O. Sars, 1895), *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899), *Echinogammarus trichiatus* (Martynov, 1932), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Dikerogammarus villosus* (Sowinskyi, 1894), *Obesogammarus crassus* (G.O. Sars, 1894), *Obesogammarus obesus* (G.O. Sars, 1896) и *Pontogammarus robustoides* (G.O. Sars, 1894). Из реликтовых видов сюда относится *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855), *Pallaseopsis quadrispinosa* (G.O. Sars, 1867). *Stygobromus ambulans* (F. Müller, 1846) является

нативным редким видом с обитанием в холодных водах, а *Gammarus lacustris* Sars, 1863, а *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758), *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 встречаются в водоемах и водотоках более широко [6;7].

Из отряда Mysida в Беларуси зарегистрировано 3 вида: реликтовая мизида - *Mysis relicta* Lovén, 1862 и чужеродные *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 и *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) [6].

Отряд Decapoda представлен в водоемах Беларуси четырьмя видами: местными - широкопалым раком *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758), узкопалым *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 и пришельцами - американским полосатым раком *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) и восточной речной креветкой *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849), которая была успешно акклиматизирована в водоем-охладитель Березовской ГРЭС [8].

В водоемах бассейна р. Западная Двина в пределах Беларуси в отличие от всей территории Беларуси чужеродная фауна представлена слабо. Перечисленные выше виды амфипод в основном заселили бассейны южных рек Беларуси: Днепр, Припять, Сож, Мухавец, Западный Буг. Немногие виды известны и из бассейна р. Неман в ее нижнем течении на границе с Литвой.

Для водоемов и водотоков бассейна р. Зап. Двина в пределах Беларуси установлены все перечисленные выше аборигенные виды, включая реликтовых и редко встречаемых. В списке инвазивных видов пока только один вид *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) вселенный в пограничное с Литвой озеро Дрисвяты [9;10].

В бассейне Зап. Двины (Даугавы) на территории Латвии встречаются также все аборигенные виды, но из реликтовых видов не найдена понтопорья - *M. affinis*. Число чужеродных видов больше, чем в более верхнем течении. В водоемах территории города Даугавпилса начал встречаться американский полосатый рак *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817). В некоторых мелких водоемах окрестностей города он полностью доминирует. Наибольшее разнообразие же чужеродной фауны наблюдается в низовьях р. Даугава, после зарегулирования стока реки плотинами Плявиньской, Кегумской и Рижской гидроэлектростанций. Начиная с города Айзкраукле и до впадения в Рижский залив река Даугава представляет собой цепь водохранилищ с очень слабым течением. Здесь встречается *P. robustoides*, *O. limosus* и американский сигнальный рак – *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852). Последний указанный вид еще не найден в Беларуси, но указывается как редкий для низовьев Даугавы, вблизи Балтийского моря [11; 12].

Так как гидростроительство оказывает значительную роль на распространение чужеродной фауны, то прежде всего необходимо обследование основного русла и притоков в точках эксплуатируемых, строящихся и планируемых ГЭС на этой реке, особенно, на территории Беларуси.

Таким образом, анализ материалов по распространению чужеродной и нативной фауны высших раков в бассейне р. Зап. Двина показал, что на белорусской и латышской территории встречается почти одинаковый комплекс нативных видов высших ракообразных. Чужеродная фауна колонизировала эту реку в верхнем и среднем течении в Беларуси мало, а больше в нижнем, на территории Латвии. Распространению и натурализации чужеродных видов способствовало строительство крупных гидротехнических сооружений

Работа выполнена при поддержке БРФФИ, договор № Б16МС-016 «Изучить распространение и состояние популяций чужеродных и нативных видов высших ракообразных (Malacostraca) в бассейне реки Западная Двина (Даугава) и по уровню биологического загрязнения оценить основные угрозы аборигенной фауне», а также Research

project was supported by the national research program “The value and dynamic of Latvia’s ecosystems under changing climate – EVIDEnT” project “Non-native species distribution and impact on the Baltic Sea and freshwater ecosystems”, sub-project „Non-indigenous species distribution and impact on freshwater ecosystems”.

Список использованных источников

1. Grudule, N. Distribution of Ponto-caspian amphipod *Pontogammarus robustoides* in Latvian waters / N. Grudule, E. Parele, K. Arbačiauskas // Acta Zoologica Lituonica. – 2007. – Vol. 16, № 1. – P. 28–32.
2. Сущенко, Л.М. Биология и продукция ледниковых реликтовых ракообразных / Л.М. Сущенко, В.П. Семенченко, В.В. Вежновец. – Минск : Наука и техника, 1986. – 160 с.
3. Red Data Book of Latvia. Rare and threatened species of plants and animals. v. 4. Invertebrates. – Riga, 1998. – 388 p.
4. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Зоологический ин-т РАН ; под ред. А.Ф. Алимова, Н.Г. Богущкой. – М. : Тов. научн. изд. КМК, 2004. – 436 с.
5. Jażdżewski, K. Range extensions of some gammaridean species in European inland waters caused by human activity / K. Jażdżewski // Crustaceana. – 1980. – Suppl. 6. – P. 84–107.
6. Макаренко, А.И. Современное распределение чужеродных и аборигенных видов отряда Amphipoda Latreille, 1816 на территории Беларуси / А.И. Макаренко, В.В. Вежновец // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2014. – № 4. – С. 95–99.
7. Вежновец В. В. Инвазивные виды ракообразных в водных экосистемах Беларуси // X Съезд Гидробиологического общества при РАН. Тез. докл. (г. Владивосток, 28 сентября – 2 октября 2009 г.) / Отв. ред. Алимов А.Ф., Андрианов А.В. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 65-66.
8. Алехнович, А.В. Речные раки Беларуси в современных условиях: распространение, динамика численности, продукционно-промысловый потенциал / А.В. Алехнович. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 303 с.
9. Vezhnavets, V.V. Transformation in Lake Drūkšiai ecosystem upon Ignalina Nuclear Power Plant decommissioning. 6. Zooplankton community / V.V. Vezhnavets, D.V. Malatkou, K. Arbačiauskas // Zoology and Ecology. – 2014. – Vol. 24, Is.2. – P. 108–127.
10. Вежновец, В.В. Возможности естественного восстановления утраченных популяций реликтовых ракообразных на примере бывшего водоема-охладителя АЭС / В.В. Вежновец, А. Шкуте // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2015. – №3. – С.74-90.
11. Checklist of aquatic alien species established in large river basins of Belarus / V.P. Semenchenko [et al.] // Aquatic Invasions. – 2009. – Vol. 4, Is. 2. – P. 337–347.
12. Atlas of crayfish in Europe / C. Souty-Grosset [et al.] ; ed. by D.M. Holdich. – Museum national d’Histoire naturelle. – Paris, 2006. – 187 p.

Vezhnavets V.V.¹, Makarenko A.I.¹, Skute A.², Paidere J.² Brakovska A.²

DISTRIBUTION OF HIGHER CRUSTACEANS IN THE BASIN OF THE RIVER WESTERN DVINA (DAUGAVA)

¹State Scientific and Production Amalgamation “The Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Bioresources” (Belarus)

²Institute of Life Sciences and Technology, Daugavpils University, Daugavpils (Latvia)

The features of the areas of higher crustaceans in the reservoirs and waterways of the river Western Dvina (Daugava) have been established. The distribution analysis of the alien and aboriginal fauna of higher crustaceans in the basin of the river Western Dvina has shown that there occurs almost the same complex of aboriginal species on the Belarusian and Latvian territories; alien fauna has little colonized this river in the upper and middle reaches (Belarus) and more in the lower reach, on the territory of Latvia, which is related to the flow regulation of these river sections as a result of the construction of hydroelectric power stations.

Keywords: higher crustaceans, Western Dvina, relict, aboriginal, alien species.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЗЕЛЁНЫХ ЛЯГУШЕК

Е.Г. Дядюшко

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

В трех исследованных водоемах на территории г. Гродно (Беларусь) показатель флуктуирующей асимметрии соответствует 3-м баллам и выше шкалы оценки стабильности развития земноводных, указывающий на то, что популяционная характеристика нарушения стабильности развития превысила допустимые значения, а уровень антропогенного загрязнения водоемов превысил норму. В дальнейшем это может привести к снижению численности земноводных исследуемых батрахокомплексов.

Ключевые слова: качество водной среды, европейские зеленые лягушки, флуктуирующая асимметрия, стабильность развития земноводных, урбанизированный ландшафт.

Как известно, амфибии являются связующим звеном между водными и наземными экосистемами и состояние их организма отражает качество локального местообитания [1, 2]. В условиях урбанизированных ландшафтов амфибии являются универсальными индикаторами качества среды в связи с их чувствительностью к меняющимся условиям существования и многочисленностью на городских территориях.

Оценка качества водной среды может производиться с помощью показателя флуктуирующей асимметрии [3]. Метод флуктуирующей асимметрии – этот современный метод экологического исследования, который характеризуется достаточной простотой реализации, чувствительностью и универсальностью. Флуктуирующая асимметрия – это незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии в пределах нормы реакции организма. Она является следствием несовершенства онтогенетических процессов [4]. Зеленые лягушки реагируют на антропогенные изменения увеличением коэффициента асимметрии, т.е. нарушениями гомеостаза развития.

Целью данной работы являлась оценка стабильности развития зеленых лягушек методом флуктуирующей асимметрии для выявления качества водной среды городских водоемов с разной степенью антропогенной нагрузки.

Исследования проводили летом в 2015 и 2016 гг. на трех стационарных водоемах города Гродно (Беларусь). Водоём 1 представляет собой пруд биологической очистки, расположен на улице Мясницкой, характеризуется наличием стоков с рядом находящегося мясокомбината, искусственного происхождения, имеет площадь 6804 м² и высокую степень антропогенной нагрузки. Водоём 2 – пруд биологической очистки ПНК по ул. Домбровского, площадь 5370,75 м², искусственного происхождения, характеризуется наличием промышленного стока. Также имеет высокую степень антропогенной нагрузки. Водоем 3 представляет собой меловой

к

а

р В качестве объекта исследований нами выбрана группа европейских водных зелёных лягушек – Genus *Pelophylax*. Определение до вида животных не производилось, так как это допускает методика.

р Степень антропогенной нагрузки на водоем определяли по методике О.В. Янчуревич [5]. Из каждого стационарного водоема взяты выборки зеленых лягушек по 30 особей.

« Для оценки стабильности развития земноводных использованы 7 морфологических признаков, таких как: число полос и пятен на дорзальной стороне бедра, голени, стопе и пятна на спине. Для каждой особи подсчитывали число ассиметричных признаков. Затем определяли среднее число ассиметричных признаков и коэффициент асимметрии (К) всей выборки [4, 6]. Аналогичные исследования проводили на стационарных водоемах в 2015 и 2016 гг. (таблица).

н

к

а

»

в районе КСМ с крутыми обрывистыми берегами, глубиной более 5 м, имеет площадь 73676,84 м², сток отсутствует. Имеет низкую степень антропогенной нагрузки.

Таблица – Показатель флуктуирующей асимметрии (К) зеленых лягушек на исследованных водоёмах в 2015–2016 гг.

Водоём	2015 г.		2016 г.	
	К	Балл	К	Балл
В1	0,61±0,19	4	0,66±0,05	5
В2	0,61±0,17	4	0,65±0,04	5
В3	0,58±0,20	3	0,56±0,05	3

На В3 значение показателя флуктуирующей асимметрии соответствует 3-м баллам шкалы оценки стабильности развития земноводных [4], что указывает на то, что популяционная характеристика нарушения стабильности развития превысила допустимые значения, а уровень антропогенного загрязнения водоема превысил норму, что в дальнейшем может привести к снижению численности земноводных исследуемых батрахокомплексов. Показатель К на В1 и В2 (пруды биологической очистки возле Мясокомбината и по ул. Домбровского в г. Гродно) в 2016 году увеличился с 4 баллов до 5-ти, что свидетельствует о низкой стабильности развития популяций зеленых лягушек, о сильном воздействии антропогенных факторов, критическом состоянии водоёмов и требует проведения соответствующих мер по реабилитации данных прудов.

Список использованных источников

1. Большаков, В.Н. Специфика формирования видовых сообществ животных в техногенных и урбанизированных ландшафтах / Большаков В.Н., Пястолова О.А., Вершинин В.Л. // Экология. – 2001. – № 5. – С. 343 – 354.
2. Чубинишвили, А.Т. Морфогенетическая и цитогенетическая характеристики природных популяций зеленых лягушек гибридогенного комплекса *Rana esculenta* в естественных условиях и подверженных антропогенному воздействию: Автореф. Дис. канд. биол. наук. / А.Т. Чубинишвили. – М., 1997.
3. Замалетин, Р.И. Использование показателя флуктуирующей асимметрии для оценки состояния популяции зелёных лягушек урбанизированных территорий / Р.И. Замалетидинов // Вопросы герпетологии: материалы первого съезда герпетологического общества им. А.М. Никольского, Пущино. – М.: МГУ, 2001. – С. 105 – 106.
4. Захаров, В.М. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов [и др.]. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
5. Янчуревич, О.В. Репродукция *Rana temporaria* L. в условиях урбанизированных ландшафтов / О.В. Янчуревич // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серія 2. – 2003. – № 1 (12). – С.93–100.
6. Янчуревич, О.В. Стабильность развития *Rana esculenta* complex в водоемах с различной степенью урбанизации / О.В. Янчуревич, О.Г. Репина // Сахаровские чтения 2002 года: экологические проблемы XXI века: Материалы международной конференции ведущих специалистов, молодых ученых и студентов, Минск, 17-21 мая 2002 г. / Международный экологический университет им. А.Д. Сахарова. – Минск, 2002. – С. 309–310.

Dyaduchko E.G.

ASSESSMENT OF QUALITY OF THE ENVIRONMENT OF CITY RESERVOIRS ON THE INDICATOR OF THE FLUCTUATING ASYMMETRY OF GREEN FROGS

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

In three studied reservoirs in the territory of Grodno (Belarus) the indicator of the fluctuating asymmetry corresponds to the 3rd points and scales of an assessment of stability of development of Amphibia, pointing that the population characteristic of violation of stability of development has exceeded admissible values are higher, and the level of anthropogenous pollution of reservoirs has exceeded norm. Further it can lead to decrease in number of the amphibious studied batrakhokompleks.

Keywords: quality of the water environment, the European green frogs, the fluctuating asymmetry, stability of development of Amphibia, the urbanized landscape.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ г. МИНСКА РЫБ

А.С. Змачинский

ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам», Минск

В мышечной ткани окуня выявлено 15 элементов из числа тяжелых металлов, в мышечной ткани уклейки и плотвы – по 12 элементов. Самые высокие концентрации характерны для цинка, меди и железа. Наибольшая концентрация меди и цинка установлена для уклейки, железа – для плотвы, остальных металлов – для окуня. По содержанию цинка мышцы всех исследованных рыб, а по содержанию меди мышцы уклейки и плотвы при употреблении в пищу могут представлять опасность для здоровья человека.

Ключевые слова: уклейка, плотва, окунь, химическое загрязнение, городские водоемы, тяжелые металлы.

В связи с проблемой загрязнения окружающей природной среды продуктами техногенеза объектом пристального внимания экологического мониторинга стали тяжелые металлы. В поверхностные воды они попадают через стоки различных промышленных предприятий, смывами с территории сельхозугодий, городов и других населенных пунктов [1, 2]. Тяжелые металлы относятся к консервативным загрязняющим веществам, которые не разлагаются в природных водах, а только меняют формы своего существования, тем самым оказывая наибольшее влияние на качество природных вод [3, 4, 5]. Рыбы, являясь ключевыми видами гидробионтов, и выступающие, как правило, в качестве одного из последнего звена в трофических цепях, обладают способностью накапливать сверхкритические концентрации тяжелых металлов, что ведет к биохимическим, физиологическим, морфологическим и другим нарушениям в их организме [6, 7, 8]. С другой стороны, загрязнение используемых человеком водоемов тяжелыми металлами, нарушение в них экологического равновесия, ухудшение товарных качеств добываемой рыбы – одна из важных проблем безопасности человека. Употребляемая в пищу загрязненная тяжелыми металлами рыба представляет определенную опасность для здоровья человека.

В этой связи в весенне-летнее время был произведен лов уклейки, плотвы и окуня в нижней части Чижовского водохранилища – одном из наиболее загрязненных водоемах города Минска. На наличие в мышечной ткани тяжелых металлов обследовали 90 экземпляров рыб – по 30 половозрелых особей разного пола каждого вида.

Использование спектрометра СЕР-01 «ElvaX» с погрешностью не более 30% позволили выявить 18 элементов, входящих в состав мышечной ткани уклейки, плотвы и окуня, выловленных в Чижовском водохранилище. Минимальные, максимальные и средние показатели концентрации элементов представлены ниже в таблице. В минимальном количестве (с погрешностью более 30%) отмечено присутствие в мышцах рыб ванадия, хрома, кобальта, никеля, мышьяка, селена, молибдена и кадмия.

Из числа тяжелых металлов в мышцах исследованных рыб Чижовского водохранилища в наибольшем количестве присутствовал цинк, второе и третье места занимали соответственно железо и медь. В различных концентрациях в мышцах присутствовали общие для рыб элементы – рубидий, стронций, цирконий, олово, сурьма, барий и висмут. Кроме того, в мышцах плотвы найдено золото, окуня – титан и вольфрам, плотвы и окуня – серебро, уклейки и окуня – свинец и ртуть.

По среднему показателю концентрации цинк и медь в наибольшем количестве зарегистрирован в мышцах уклейки, железо – в мышцах плотвы, остальные металлы – в мышцах окуня.

Таблица – Полученные показатели концентрации элементов в мышечной ткани уклейки, плотвы и окуня Чижовского водохранилища с погрешностью не более 30% (выделены максимальные средние показатели в сравнении по трем видам рыб)

Элементы	Полученные показатели концентрации (мг/кг) трех видов рыб								
	Уклейка			Плотва			Окунь		
	мин. показатель	макс. показатель	среднее	мин. показатель	макс. показатель	среднее	мин. показатель	макс. показатель	среднее
S	3995,9	10266,7	6130,6	3212,2	8568,3	5150,2	2855,6	7639,1	4367,4
Cl	877,2	12377,2	5827,2	701,2	12036,5	5563,4	690,4	11975,5	4288,9
K	988,2	7226,7	3568,3	1150,1	9631,9	4533,7	1258,6	10038,7	5123,4
Ca	244,5	4125,1	1834,2	338,2	7972,8	2983,8	351,6	8122,6	3012,3
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,06
Fe	12,33	188,09	88,94	24,56	256,11	105,54	6,03	55,64	27,55
Cu	1,26	65,78	30,12	1,12	52,33	22,43	0,98	38,91	10,55
Zn	62,33	241,22	129,33	63,4	199,54	120,5	24,45	136,44	77,54
Br	1,23	24,42	9,75	0,56	15,53	7,06	0	8,21	3,99
Rb	1,21	12,49	4,97	1,23	11,25	5,34	1,88	14,08	7,07
Sr	0,14	8,16	2,54	0,55	11,88	5,83	1,02	13,63	6,55
Zr	0	12,99	3,55	0,12	11,05	4,98	0,15	12,98	6,12
Ag	0	0	0	0	0,12	0,03	0	0,15	0,05
Sn	0,08	1,22	0,38	0	2,12	0,86	0,09	1,88	0,75
Sb	0	0,14	0,04	0,08	0,69	0,28	0	0,45	0,18
I	0,03	2,08	0,53	0	0,32	0,14	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0	0	1,26	0,08
Ba	0	2,25	0,95	0	1,05	0,44	0	2,75	0,96
Au	0	0	0	0	0,09	0,03	0	0	0
Pb	0	0,21	0,06	0	0	0	0	1,12	0,32
Hg	0	1,06	0,25	0	0	0	0,1	1,87	0,48
Bi	0	1,36	0,32	0	1,68	0,57	0	3,96	1,14

Среднее содержание в мышечной ткани обследованных рыб металлов в порядке их убывания представлены в виде следующих рядов:

уклейка: Zn>Fe>Cu>Rb>Zr>Sr>Ba>Sn>Bi>Hg>Pb>Sb;

плотва: Zn>Fe>Cu>Sr>Rb>Zr>Sn>Bi>Ba>Ag>Au;

окунь: Zn>Fe>Cu>Rb>Sr>Zr>Bi>Ba>Sn>Hg>Pb>Sb>W>Ag>Ti.

Приведенные ряды показывают, что мышечная ткань окуня содержит наибольшее количество металлов, фиксируемых спектрометром СЕР-01 «ElvaX», концентрация большинства из них несколько выше, чем у уклейки и плотвы. Однако в целом концентрация приоритетных загрязнителей (цинка, железа и меди) выше в мышцах уклейки и плотвы.

На рисунке представлены обобщенные сравнительные показатели средней концентрации тяжелых металлов в мышечной ткани уклейки, плотвы и окуня из Чижовского водохранилища.

Проведенные исследования выявили в мышечной ткани окуня 15 элементов из числа тяжелых металлов, в мышечной ткани уклейки и плотвы – по 12 элементов. Самые высокие концентрации характерны для цинка, меди и железа. Наибольшая концентрация меди и цинка установлена для уклейки, железа – для плотвы, остальных металлов – для окуня. Концентрация в мышечной ткани таких тяжелых металлов, как цинк и медь, максимальна у планктонофага (уклейка), несколько ниже у бентософага (плотва) и минимальна у условных хищников (окунь). Максимальная концентрация железа выявлена у бентософага (плотва), остальных металлов – у условного хищника (окунь).

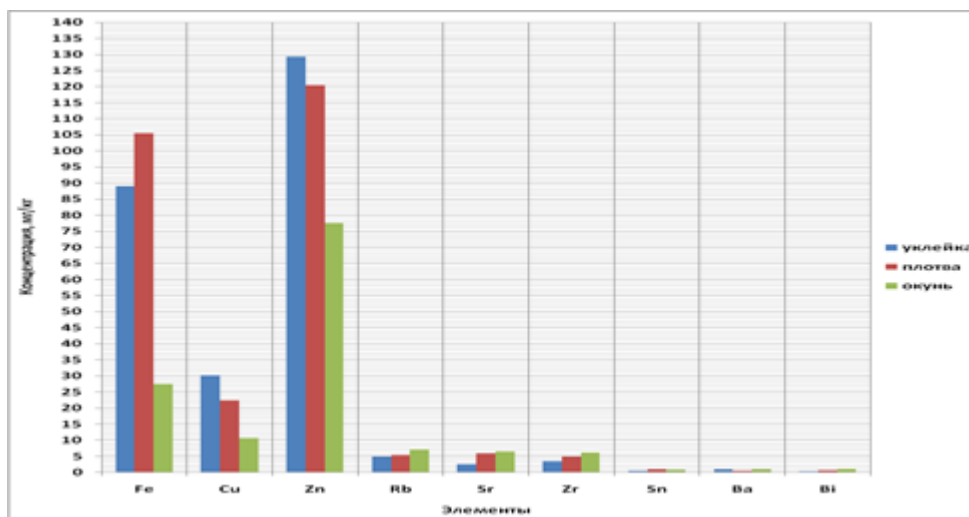


Рисунок – Средняя концентрация металлов в мышечной ткани уклейки, плотвы и окуня из Чижевского водохранилища

Список использованных источников

1. Савченко, С.В. Особенности загрязнения тяжелыми металлами водного объекта в условиях города (на примере озера Дедно в г. Гомеле) / С.В. Савченко, С.Е. Головатый, Н.С. Шевцова, А.А. Таратунин, Ю.В. Ховрин. // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2005. – № 4. – С. 87-91.
2. Савченко, С.В. Пространственные особенности накопления тяжелых металлов в почвах пойменных ландшафтов г. Минска / С.В. Савченко, Н.К. Быкова, И.П. Самсоненко, В.С. Хомич // Природные ресурсы (міжведамасны бюлетэнь) – 2007. – № 4. – С. 63-70.
3. Зарубов, А.И. Оценка качества воды р. Свислочь и парковых водоемов в пределах г. Минска по структурным показателям зоопланктона / А.И. Зарубов // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2011. – № 2. – С. 78-82.
4. Овчарова, Е.П. Химический состав воды поверхностного стока с территории г. Минска / Е.П. Овчарова // Природные ресурсы (міжведамасны бюлетэнь) – 2005. – № 2. – С. 5-13.
5. Овчарова, Е.П. Баланс растворенных и взвешенных веществ урбанизированного участка реки / Е.П. Овчарова // Природные ресурсы (міжведамасны бюлетэнь) – 2006. – № 2. – С. 20-27.
6. Горвая, С.Л. Физиолого-биохимические показатели рыб водоемов Белоруссии / С.Л. Горвая, С.А. Столярова. – Минск: Наука и техника, 1987. – 157 с.
7. Немова, Н.Н. Биохимическая индикация состояния рыб / Н.Н. Немова, Р.У. Высоцкая; под ред. М.И. Шатуновского. – М.: Наука, 2004. – 215 с.
8. Реакция иммунной системы рыб на загрязнение воды токсикантами и закисление среды / В.Р. Микряков, Л.В. Балабанова, Е.А. Заботкина, Т.Б. Латерова, А.В. Попов, Н.И. Силкина; под ред. В.Р. Микрякова. – М.: Наука, 2001. – 126 с.

Zmachynski A.S.

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN MUSCLE TISSUE OF MOST COMMON FISH IN WATER BODIES OF MINSK

The Scientific and Practical Center for Bioresources (Belarus)

In the muscle tissue of perch identified 15 elements from among the heavy metals in the muscle tissue of bleek and roach – 12. The highest concentrations are characteristic of zinc, copper and iron. The highest concentration of copper and zinc is set to bleek, iron – for roach, other metals – for perch. The content of zinc in the muscles of all studied fish, and the copper content in the muscles of bleek and roach at the use in food may pose a risk to human health.

Keywords: bleek, roach, perch, chemical pollution, urban water bodies, heavy metals.

ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИЙ ОЛЕНЬИХ В РЕСПУБЛИКАНСКОМ ЛАНДШАФТНОМ ЗАКАЗНИКЕ «НАЛИБОКСКИЙ»

А.И. Козорез

Белорусский государственный технологический университет, Минск

С использованием фотоловушек выявлены такие особенности воспроизводства популяций оленьих в республиканском ландшафтном заказнике "Налибокский" как среднее количество сеголетков на 1 взрослую самку и время появления сеголетков, дан краткий анализ этих показателей.

Ключевые слова: лось, благородный олень, косуля, сеголеток.

Введение. Республиканский ландшафтный заказник "Налибокский" является одной из ключевых территории в западной части Беларуси играющих важную роль в миграции копытных и поддержанию их численности в регионе [1]. На этой территории обитают одни из наиболее крупных популяций оленьих в данном регионе. Уровень воспроизводства в данных популяциях определяет динамику численности не только на территории заказника, но и в сопредельных охотничьих угодьях. И таким образом обеспечивает стабильное охотничье изъятие оленьих в регионе. Изучение воспроизводственного потенциала оленьих в Налибокском заказнике представляет интерес также и с той позиции, что здесь обитает достаточно крупная территориальная группировка волков, которая оказывает естественное хищническое воздействие на популяции своих жертв, основой которых являются олени.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в северо-западной части заказника на модельном участке "Плейстоценовый парк" в 2016 году, общей площадью 2600 га. Основным методом исследований являлась фотофиксация животных на фотоловушки в течении года. Использование фотоловушек позволяет наблюдать животных в их естественной среде обитания, без прямого антропогенного воздействия. В исследовании использовались данные, полученные с четырех фотоловушек установленных на постоянных точках. Наблюдения составили 660 ловушко-суток. При этом устанавливался факт появления животных на наблюдаемой точке и производилась идентификация по половозрастному составу. При идентификации выделялись самцы старше 1 года, самки старше 1 года и сеголетки. При этом данные для расчетов брались с момента появления первого сеголетка на одной из четырех фотоловушек и до ноября. Для анализа воспроизводства оценивались такие показатели как количество сеголетков на 1 самку старше 1 года, яловость самок старше 1 года. По общепринятым подходам яловость оценивается из расчета половозрелых самок [2], однако в нашем случае достоверно отличить половозрелую самку от самки в возрасте 1 года не всегда представлялось возможным. По этой причине яловость определялась в общем для самок старше 1 года. Для оценки динамики численности популяции, как итогового результата воспроизводства, проводились учеты зимних кучек экскрементов на модельном участке на постоянных маршрутах. Всего заложено 3 постоянных маршрута общей протяженностью 34000 метров.

Результаты исследования. Данные о количестве самок и сеголетков, зафиксированных фотоловушками, на модельном участке приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Данные о фотофиксации оленых на модельном участке

Точка фотофиксации	Лось			Олень благородный			Косуля		
	Самки	Сеголетки	Сеголетки /самки	Самки	Сеголетки	Сеголетки /самки	Самки	Сеголетки	Сеголетки /самки
"Поляна"	10	4	0,40	13	9	0,69	10	9	0,90
"Канал"	17	11	0,65	32	28	0,88	19	23	1,21
"Канал 3"	18	1	0,06	22	10	0,45	2	0	0,00
"Камера 001"	18	3	0,17	23	17	0,74	7	0	0,00
Итого	63	19	0,30	90	64	0,71	38	32	0,84

Первый сеголенок лося фотоловушкай был зафиксирован 15 мая. С этой даты до ноября месяца всего было зафиксировано 63 самки лося и 19 сеголетков. Отношение сеголетков к самкам колебалось в зависимости от места фиксации с 0,06 до 0,65 и в среднем составило 0,30, т.е. в среднем 1 теленок на 3,3 самки старше 1 года. Двойни отмечались в 4 случаях из 16 или в 25% случаев. Процент двоен достаточно низок в сравнении с литературными данными [2, 3]. В целом яловость среди самок старше 1 года составила 74%. Это очень высокий процент, поскольку большинство авторов указывают на значительно меньшие значения яловости у лося [2, 3].

Для оленя благородного первый сеголенок был отмечен 11 июня, т.е. практически на 26 дней позже чем у лося. За период наблюдений всего зафиксировано 90 взрослых самок и 64 сеголетка, при этом соотношение сеголетков к самкам колебалось от 0,45 до 0,88 и в среднем составило 0,71, или один сеголенок на 1,4 самки. Двойни у оленя благородного не были отмечены. Яловость самок старше 1 года составила 29%. Очевидно, что на территории заказника достигнута потенциальная плодовитость вида - 1 сеголенок на 1 половозрелую самку. Такие показатели воспроизводства являются очень высокими для благородных оленей обитающих в естественных условиях [2]. Очевидно, что популяция оленя благородного находится в оптимальных условиях обитания и эффективно воспроизводится несмотря на высокую численность волка на территории заказника.

В отношении косули первый сеголенок был зафиксирован 15 июня. В период наблюдений было зафиксировано 38 взрослых самок и 32 сеголетка косули. Однако на двух точках самки фиксировались без сеголетков. Для косули отмечены максимальные значения соотношения сеголетков к самкам – 0,84. Подобное соотношение определяется в первую очередь наличием двоен у косули. На точке "Поляна" из пяти фактов фиксации в четырех отмечены двойни, на точке "Канал" из пятнадцати фактов фиксации - восемь двойни. Таким образом двойни составляют 60% от имеющихся семей косуль. Яловость самок старше 1 года составила 61%. Высокая плодовитость косули [2, 4] подтверждается проведенными наблюдениями. Однако часть самок косули по всей видимости не участвовала в размножении из-за низкой плотности населения популяции, невысокой доли половозрелых самцов, а также того что высокую долю в возрастной структуре самок составляют самки не достигшие половой зрелости.

Успешность воспроизводства для популяций оленых на исследуемом участке обеспечивает их рост численности. Данные учета зимних кучек экскрементов на постоянных

маршрутах указывают на то, что численность лося на модельном участке выросла на 30,5%, оленя благородного на 93,5%, косули на 47,0%. Данные о динамике численности сопоставимы с показателями воспроизводства. Так наибольшим ростом численности отличается популяция оленя благородного, далее следует косуля и на последнем месте лось. Аналогичным образом распределяются и показатели воспроизводства по этим популяциям. Очевидно, что имеющаяся численность волка на территории заказника (по экспертным оценкам от 40 до 60 особей) не приводит к снижению воспроизводственного потенциала и численности популяций оленей на данном этапе.

Заключение. Таким образом наибольшим воспроизводственным потенциалом в настоящее время в Налибокском заказнике обладает популяция оленя благородного, которая находится на стадии активного роста. Для оленя достигнута потенциальная плодовитость, которая обеспечивает быстрый рост численности популяции. Популяция косули также активно воспроизводится после сильной депрессии в 2010 и 2011 годах. Однако этот вид еще не достиг своего оптимума в воспроизводстве, который возможен. Воспроизводство популяции лося является минимальным и в настоящее время объективных причин данного явления пока нами не выявлено. Но даже при таких низких показателях воспроизводства обеспечивается рост численности популяции.

Список использованных источников

1. Мещечко Е.Н. Полосы миграции фауны. Охота и охотничье хозяйство.— 1975. — № 7.
2. Данилкин, А.А. Оленьи (*Cervidae*) / А.А. Данилкин. – М.: ГЕОС, 1999. – 552 с.
3. Козло, П.Г. Эколого-морфологический анализ популяции лося / П.Г. Козло – Минск: Наука и техника, 1983. – 215 с.
4. Данилкин, А.А. Косули Евразии: анализ населения / А.А. Данилкин // Охота и охотничье хозяйство. – 1989. – № 9 – С. 14–15.

Kazarez A.I.

REPRODUCTIVE INDICATORS OF DEER POPULATIONS IN THE REPUBLICAN LANDSCAPE ORDER "NALIBOKSKY"

Belarusian State Technological University (Belarus)

With the use of photo traps, such peculiarities of reproduction of deer populations in the national landscape reserve "Naliboksky" as the average number of juveniles per 1 adult female and the time of appearance of juveniles are revealed, and a brief analysis of these indices is given.

Keywords: elk, red deer, roe deer, yearling.

В.Ф. Кулеш, А.И. Таранович

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Минск

Приводятся сведения по распространению и воздействию чужеродных видов беспозвоночных и рыб на водные экосистемы Беларуси.

Ключевые слова: чужеродные виды, беспозвоночные, рыбы, пути распространения, экологическое воздействие.

Влияние чужеродных видов в зависимости от их таксономического статуса и географического положения, где они первоначально обосновались, весьма разнообразно: некоторые из них оказывают влияние на здоровье местных жителей, на аборигенные дикие виды фауны и флоры, на сельскохозяйственные растения и животные; другие – наносят серьезный вред коренным и созданным человеком местообитаниям. Все это ведет не только к экологическим, но и к серьезным экономическим последствиям. Согласно оценкам Международного банка развития, только в США неконтролируемое распространение инвазивных организмов ведет к сокращению объема производства более чем на 147 млрд долл. США в год, Индии – на 100, Бразилии – на 50, а в Южной Африке – на 7 млрд долл. США.

Сокращения биологического разнообразия во всем мире, наблюдающегося в течение нескольких последних столетий, связано со смешением фаунистических и флористических комплексов в результате перемещения через биогеографические границы видов животных и растений, их составляющих. По заключениям международных экспертов именно инвазии чужеродных видов в глобальном масштабе являются второй по значимости (после антропогенного загрязнения биосферы) причиной исчезновения аборигенных видов [2].

Особенно сильно влияние инвазивных видов проявляется в водных экосистемах. Пресноводные сообщества похожи на острова в океане, в том смысле, что они являются изолированными местообитаниями, которые окружены обширными, непригодными для заселения пространствами. Поэтому они особенно уязвимы к внедрению чужеродных экзотических видов.

В отличие от рыб, для которых в большинстве случаев известны как векторы инвазий, так и различного рода ущербы для аборигенных сообществ, в отношении беспозвоночных эти вопросы слабо изучены. В настоящее время в речных бассейнах на территории Беларуси зафиксировано обитание 17 чужеродных видов водных беспозвоночных и 13 видов рыб [2].

Основные причины инвазий:

- изменение климата, способствующего естественному проникновению теплолюбивых видов;
- естественное расселение, связанное с деятельностью человека (строительство каналов, водохранилищ, плотин, мелиоративных сооружений, увеличение интенсивности товарных потоков);
- загрязнение и деградация пресноводных водоемов
- судоходство;
- преднамеренная интродукция, связанная с интенсификацией рыбного хозяйства;
- случайная, непреднамеренный привнос;
- аквариумное разведение и торговля гидробионтами.

В 2016 году вышла «Черная книга инвазивных видов животных Беларуси», где содержится информация о наиболее опасных чужеродных вселенцах. Основные критерии для включения вида в Черную Книгу Беларуси:

- вид встречается на территории Беларуси;
- вид наносит экологический ущерб;
- вид наносит экономический ущерб.

В данное издание Черной книги из гидробионтов внесено 6 видов водных беспозвоночных и 3 вида рыб. Из ракообразных: *Chelicorophium curvispinum* (Sars), *Dikerogammarus villosus* (Sow.), *Pontogammarus robustoides* (Sars), *Orconectes limosus* (Raf.). Из моллюсков: *Dreissena polymorpha* (Pallas) *Lithoglyphus naticoides* Pfeif. Из рыб: *Percocottus glenii* (Dyb.) (ротан-головешка), *Neogobius fluviatilis* (Pallas) (бычок-песочник), *Ameiurus nebulosus* (Le Sueur) (американский сомик) [3].

Среди беспозвоночных одним из самых опасных инвазивных видов является американский полосатый рак (*Orconectes limosus* (Raf.)). Впервые полосатый рак был обнаружен в 1997 г. в реке Шлямица, а затем в реках Марыха, Черная Ганча, в Августовском канале и реке Неман недалеко от Гродно [4]. В реке Шлямица на отдельных песчаных участках визуальное наблюдение скопления раков до 5 экз./м². Это небольшие раки длина которых составила: самок были 7,49±0,76 см, самцов - 7,42±0,74 см. На Европейском континенте этот вид появился в 1890 году, когда Макс фон дем Борн перевез из Северной Америки 100 экземпляров полосатого рака в прудовое хозяйство Барнувку (территория современной Польши) у р. Мысля, правого притока Одера и с тех пор начал проникать в водные экосистемы срединной Европы. Проникновение на территорию Беларуси – естественное расселение по водным путям из Польши.

Благодаря своей экологической пластичности полосатый рак заселяет реки, каналы, различные типы озер и прудов, устойчив к дефициту кислорода и переносит антропогенные загрязнения водоемов. Из экологических последствий самое неприятное, то что полосатый рак является переносчиком «рачьей чумы», сам ею не заражаясь. В результате там где он появляется исчезают ценные виды аборигенных раков – широкопалого (*Astacus astacus* L.) и длиннопалого (*A. leptodactylus* Esch.). Так появление полосатого рака в бассейне р. Неман уже привело к значительному снижению численности и даже к полному исчезновению этих видов (персональное сообщение А.В. Алехновича).

С чем же связано такое стремительное вхождение полосатого рака в европейскую фауну? Можно назвать несколько причин. Во-первых, создалась благоприятная ситуация после рачьей чумы, начало которой впервые было зафиксировано в 1860 г на территории северной Италии. Упомянутая эпизоотия, вызываемая грибом *Aphanomyces astaci*, уничтожила целиком популяции, широкопалого рака, заселяющего эти водоемы. В последующие 20 лет ражья чума достигла водоемов Франции и Германии и оттуда водными путями распространилась по всей Европе. Аборигенные виды раков имели шанс сохраниться только в изолированных водоемах. Опустошенное поголовье раков было настолько значительным, что надо было решаться на сознательное переселение полосатого рака, как вида устойчивого к рачьей чуме. Что, и было, как показано выше, осуществлено. Таким образом, очевидно, в начале жизнедеятельности на европейском континенте полосатый рак не испытывал противодействия со стороны аборигенных видов.

Наша республика из-за своего географического положения, трансграничного характера речных бассейнов, размещения на границах физико-географических подзон выступает как регион-акцептор чужеродных видов. То есть и в биотическом смысле Беларусь становится

транзитной страной. Это означает, что процесс инвазии будет усиливаться. Отношение к инвазивным видам должно быть негативным и они должны восприниматься как неизбежные неблагоприятные последствия антропогенной деятельности.

Проблема предотвращения будущих биологических инвазий является важной и неотложной. Очевидно, что сохранение биоразнообразия в глобальном масштабе в будущем будет зависеть от умения управлять чужеродными видами. Также совершенно ясно, что крайне необходим тщательный мониторинг состояния чужеродных видов. Большую роль в этом должны сыграть местные специалисты, которые достаточно легко могут выявить и остановить инвазию новых видов на ранних стадиях. Уничтожение чужеродных видов наиболее экономически эффективно и безболезненно для окружающей среды при условии проведения именно на ранних стадиях их вселения

В настоящее время в Беларуси из-за отсутствия целенаправленных исследований по чужеродным видам неизвестен ни их полный перечень, ни масштабы, ни темпы расселения. Отсутствует оценка ущерба как экономического, так и в некоторых случаях экологического характера. Между тем ориентировочные расчеты показывают, что уже в настоящее время ежегодный экономический ущерб от инвазии может составлять: дрейссены полиморфной 1,5–2 млн. долларов США, американского полосатого рака 300–400 тыс. долларов [5].

Список использованных источников

1. Неронов, В.М. Чужеродные виды и сохранение биологического разнообразия / В.М. Неронов, А.А.Луцкекина // Успехи совр.биол. – 2001.– Т.121, № 1.– С 121–128.
2. Семенченко, В.П. Чужеродные виды беспозвоночных и рыб в речных экосистемах Беларуси: распределение, биологическое загрязнение и воздействия / В.П.Семенченко, В.К.Ризевский // Гидробиол. журн. – 2016.–Т.52, № 5.– С. 28–44.
3. Черная книга инвазивных видов животных Беларуси /сост.: А.В.Алехнович [и др.]; под общ. ред. В.П.Семенченко. – Минск: Беларуская навука, 2016.– 105с.
4. Alekhnovich A.V. The American spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque), in the fauna of Belarus / A.V. Alekhnovich, S.E. Ablov, V.F. Kulesh, O.A. Pareiko // Crayfish in Europe as alien species: Crustacean Issues 11; F. Gherardi, D.M. Holdich (eds.). – Balkema, Rotterdam, 1999. – P.237–242.
5. Семенченко, В.П. Проблема чужеродных видов в фауне и флоре Беларуси / В.П.Семенченко, А.В.Пугачевский // Наука и инновации. – 2006.–№ 10. – С.15–20.

Kulesh V.F., Taranovisch A.I.

ALIEN SPECIES OF HYDROBIONTS IN WATER ECOSYSTEMS OF BELARUS

Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank (Belarus)

Information on the distribution and impact of alien invertebrate species and fish on water ecosystems in Belarus is presented.

Keywords: alien species, invertebrates, fish, pathways, ecological impact.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПИТАНИЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА БЫЧКОВЫЕ (GOBIIDAE) В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ р. ДНЕПР (БЕЛАРУСЬ)

И.И. Лукина, А.П. Григорчик

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, Минск

Изучено питание бычка-песочника, бычка-цуцика и бычка-гонца в нижнем течении р. Днепр (Беларусь). Представлены данные по таксономическому составу, частоте встречаемости пищевых объектов и их доли по массе в составе пищи. Установлено, что главной пищей исследованных видов являются личинки сем. Chironomidae. Питание бычка-песочника отличается наибольшей специализацией. Питание бычка-цуцика и бычка-гонца более разнообразно.

Ключевые слова: чужеродные виды рыб, река Днепр, бычок-песочник, бычок-цуцик, бычок-голец, питание рыб, пищевой спектр.

Введение. Сегодня проблема инвазий чужеродных видов носит глобальный характер и относится к наиболее актуальным направлениям научных исследований во всем мире. Типичным примером биологической инвазии является проникновение в водотоки Беларуси представителей семейства Бычковые (Gobiidae). Расселение бычков за пределы естественного ареала с последующей натурализацией отмечается во многих регионах, однако многие аспекты жизнедеятельности данных видов изучены фрагментарно, в том числе и на территории Беларуси. В связи с этим целью настоящей работы является изучение питания представителей семейства Gobiidae в нижнем течении р. Днепр на территории Беларуси.

Материалы и методы исследования. Проанализирован материал, собранный на мелководных участках (дно песчано-илистое, течение медленное) в нижнем течении р. Днепр (окр. д. Нижние Жары, Брагинский район, Беларусь) в августе 2011 г. Отловленная мелкочейистым неводом и сачком рыба фиксировалась в 4-% р-ре формалина и обрабатывалась в лабораторных условиях в соответствии с общепринятыми методиками [1, 2]. Определение проводили до наиболее низкого таксономического уровня, главным образом до семейства. Часть пищевых объектов определена до отрядов и классов. Всего для анализа питания обработано количественно-весовым способом 60 экземпляров рыб: бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) – 19 экз., бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) – 32 экз. и бычок-голец *Neogobius gymnotrachelus* (Kessler, 1857) – 9 экз. (таблица 1)

Таблица 1 – Размерно-весовые показатели исследованных особей бычков

Вид	п, экз.		Длина, мм		Масса, г	
	самки	самцы	lim	M±m	lim	M±m
бычок-песочник	10	9	40,0–97,0	59,9±4,4	0,9–17,1	4,6±1,2
бычок-цуцик	11	19	30,0–51,1	37,3±0,9	0,3–2,8	1,0±0,1
бычок-голец	0	9	43,7–52,7	47,7±1,1	1,5–2,8	2,0±0,1

Результаты и их обсуждение. Среднее значение общего индекса наполнения (СИН) желудочно-кишечного тракта для бычка-песочника составило 56,3 ‰, для бычка-цуцика – 69,3 ‰ и для бычка-гонца – 65,9 ‰. Следует отметить, что для самок бычка-песочника и бычка-цуцика показана большая интенсивность питания (СИН= 64,2 и 98,0 ‰), чем для самцов данных видов (СИН= 47,6 и 55,6 ‰).

В питании бычка-песочника выявлены как представители зообентоса (насекомые, моллюски, гаммарусы), так и зоопланктона (веслоногие, ветвистоусые и ракушкообразные), кроме того в желудках единично отмечены икра и растительные остатки. Всего определены представители 11 семейств, 8 отрядов, 3 классов и 2 типов. Насекомые составляют основу питания вида (81,4 % по массе при встречаемости 94,7 %). В качестве главной пищи (по Шорыгину [2]) выступают представители семейства Chironomidae (отряд Diptera) – 55,2 % по массе при встречаемости 89,5 %. Кроме того из класса Insecta определены представители отрядов Heteroptera (семейства Mesoveliidae и Veliidae) и Trichoptera (Hydroptilidae и Leptoceridae). Их доля от массы пищевого комка составила 3,1 и 1,6 %, а встречаемость – 21,1

и 15,8 % соответственно. Второстепенное значение в питании бычка песочника играют ракообразные. При относительно высокой встречаемости (63,2 %) их доля в массе пищевого комка весьма незначительна (1,1 %). Из класса Crustacea были определены представители 4-ех подклассов: Cladocera (отряд Daphniiformes), Copepoda (Cyclopoidae и Harpacticoida), Malacostraca (Amphipoda) и Ostracoda (Darwinulidae). Чаше других ракообразных в желудках бычка-песочника отмечали представителей различных семейств из отряда Daphniiformes: Chydoridae (встречаемость 26,3 %), Плуоскрипиды (21,1 %), а также Daphniidae, Macrothricidae и Sididae (по 5,3 %), – в целом их встречаемость составила 57,9 %, а доля по массе – 0,6 %. У представителей других подклассов ракообразных доля по массе составила от 0,02 до 0,26 %, а встречаемость 5,3 – 15,8 %. Моллюски отмечены единично, но их доля от общей массы пищевых объектов составила 10,2 %.

В питании бычка-цуцика также присутствует зообентос (насекомые, гаммарусы и кольчатые черви) и зоопланктон (веслоногие, ветвистоусые и ракушковые ракообразные). Всего определены представители 13 семейств, 10 отрядов, 3 классов и 2 типов. Насекомые, также как и у бычка-песочника, составляют основу питания вида, но их массовая доля ниже – 62,1 % при встречаемости 93,8 %. При этом класс Insecta представлен большим числом таксонов: определены представители отрядов Diptera (Ceratopogonidae, Chironomidae и Tabanidae) – 38,7 % по массе при встречаемости 78,1 %; Trichoptera (Ecnomidae, Hydroptilidae и Polycentropodidae) – 4,3 %, встречаемость 15,6 %; Odonata (Gomphidae и Coenagrionidae) – 3,3 %, встречаемость 6,3 %; следует отметить достаточно высокое значение представителей отряда Ephemeroptera (Leptophlebiidae) – 14,3 %, встречаемость 31,3 %. Среди пищевых компонентов преобладают представители семейства Chironomidae, составляя 30,3 % по массе при встречаемости 75,0 %. Представители других семейств класса Insecta отмечены лишь в 3,1 % желудков каждый, а их доля по массе колеблется от 0,5 до 3,1 %. Роль ракообразных в питании бычка-цуцика, в сравнении с бычком-песочником, значительно выше – доля по массе составляет 20,7 % при встречаемости 59,4 %. Главным образом это обусловлено высоким потреблением представителей отрядов Amphipoda (подкласс Malacostraca) (14,5 % по массе, встречаемость 9,4 %) и Daphniiformes (подкласс Cladocera) (4,0 %, встречаемость 46,9 %). Из отряда Daphniiformes выявлены представители 4-ех семейств: Chydoridae (1,8 % по массе, встречаемость 43,8 %), Sididae (0,8 %, встречаемость 12,5 %), Daphniidae (1,3 %, встречаемость 6,3 %) и Плуоскрипиды (0,1 %, встречаемость 3,1 %). Из класса Crustacea также определены представители подклассов Ostracoda (отряд Cyprididae) – 1,8 % по массе при встречаемости 28,1 %; и Copepoda (отряд Cyclopoidae и Harpacticoida) – 0,4 %, встречаемость 15,6 %. В целом таксономическое разнообразие ракообразных в питании бычка-цуцика мало отличается от такового у бычка-песочника. Моллюски в питании бычка-цуцика не выявлены, зато отмечены представители типа Annelida (класс Hirudinea), которые составили 16,2 % от общей массы при встречаемости 9,4 %.

В питании бычка-гонца зообентос представлен как насекомыми и моллюсками, так нематодами и малощетинковыми червями. Зоопланктон, помимо ракообразных (веслоногие, ветвистоусые и ракушковые), представлен еще и простейшими (саркомастигофорами). Кроме того, в желудках отмечены растительные остатки. Всего определены представители 9 семейств, 8 отрядов, 5 классов и 5 типов. В целом, бычок-голец характеризуется наиболее широким спектром питания среди исследованных видов. Насекомые также составляют основу питания (70,1 % по массе) и, относительно питания бычка-песочника и бычка-цуцика, отличаются наибольшей частотой встречаемости – 100 %. Из класса Insecta, помимо отрядов, выявленных в питании бычка-цуцика, единично отмечены Hymenoptera. В качестве главной пищи, как и у предыдущих видов, выступают представители семейства Chironomidae (отр. Diptera). При этом их доля по массе несколько выше таковой у бычка-цуцика и значительно ниже, чем у песочника – 35,3 %, а встречаемость самая высокая – 100 %. Следует отметить относительно большое значение в питании бычка-гонца представителей отряда Trichoptera (18,0 % по массе при встречаемости 22,2 %). Роль в питании Ephemeroptera значительно ниже, по сравнению с бычком-цуциком (8,0 %, встречаемость 11,1 %). Odonata в питании отмечены

единично, их доля по массе составила 0,95 %. Ракообразные являются второстепенной пищей и отмечены в желудках у 100 % особей. При этом их доля по массе составила 13,2 %, что несколько ниже, чем у бычка-цуцика. Из класса Crustacea наиболее значимы в питании представители семейства Chydoridae (отряд Daphniiformes, п/кл. Cladocera), их доля по массе составила 6,5 %, встречаемость – 88,9 %. Из отряда Daphniiformes также определены семейства Bosminidae (0,5 %, встречаемость 11,1 %) и Hyoscrutidae (0,2 %, встречаемость 11,1 %). В целом встречаемость Daphniiformes составила 100 %, а доля по массе – 7,3 %. Представители подклассов Copepoda и Ostracoda встречались в большинстве желудков – 66,7 и 55,6 % соответственно. Их доля по массе составила 2,9 и 2,0 % соответственно. Значение в питании бычка-гонца данных двух групп организмов самое высокое среди исследованных видов бычков. Роль в питании моллюсков весьма не велика и ниже таковой у бычка-песочника (2,9 % по массе, встречаемость – 22,2 %).

Заключение.

1. Питание бычка-песочника более специализировано, в то время как спектры питания бычка-цуцика и бычка-гонца более разнообразны.

2. В качестве главной пищи у всех исследованных видов бычков выступают личинки семейства Chironomidae. Наибольшую роль данная группа пищевых объектов играет в питании бычка-песочника, составляя 55,2 % по массе.

3. Второстепенное значение в питании бычков имеют ракообразные. Несмотря на небольшую долю по массе (от 1,1 до 20,7 %), они отмечаются в желудках у большинства особей (встречаемость составляет 63,2 – 100 %). Чаще других отмечаются представители отряда Daphniiformes (встречаемость колеблется от 46,9 до 100 %). Наибольшее значение Daphniiformes по доле в пищевом комке показано для бычка-гонца – 7,3 %. У данного вида в питании среди ракообразных выражено преобладание представителей семейства Chydoridae (6,5 % по массе, встречаемость – 88,9 %).

4. К второстепенным объектам питания бычков можно также отнести представителей следующих отрядов насекомых: Trichoptera (у бычка-гонца – 18,0 % по массе, 22,2 % по встречаемости) и Ephemeroptera (у бычка-цуцика – 14,3 %, 31,3 % по встречаемости).

В целом согласно полученным данным следует ожидать высокой конкуренции между исследованными видами как в отношении главных, так и второстепенных пищевых объектов. В тоже время каждый вид бычков стремится занять свою экологическую нишу, что выражается в появлении новых среди второстепенных по своему значению пищевых объектов. Основываясь на более выраженной специализации в питании бычка-песочника можно говорить о том, что данный вид более успешно конкурирует за кормовые ресурсы [3].

Список использованных источников

1. Правдин, И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин; под ред. П.А. Дрягина и В.В. Покровского – 4-е изд. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – С. 32–51.
2. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / ред. кол.: Е.В. Боруций (отв. ред.) [и др.] – М.: Наука, 1974. – 254 с.
3. Никольский, Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов / Г.В. Никольский. – М.: Наука, 1965. – 382 с.

Lukina I.I., Hryhorchuk A.P.

SOME DATA ON THE DIET OF THE GOBIIDAE IN THE LOWER REACHES OF THE DNIEPER RIVER (BELARUS)

Scientific and Practical Center of National Academy of Sciences of Belarus for Biological Resources (Belarus)

The diet of the monkey goby, the tubenose goby and the racer goby from the lower part of the Dnieper River was studied. The data on the taxonomic composition, the frequency of occurrence of food items and their percent by weight of the diet are presented. It is established that the Chironomidae larvae is the most important food of the studied species. The diet of the monkey goby is the most specialized. The variety of diet of the tubenose goby and the racer goby is higher.

Keywords: alien species of fish, the Dnieper River, monkey goby, tubenose goby, racer goby, diet of fish, the food spectrum.

СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША РЕЧНОГО БОБРА В ПОЙМАХ МАЛЫХ РЕК БОБРУЙСКОЙ РАВНИНЫ

В.В. Маврищев, В.Ф. Кулеш

Белорусский государственный педагогический университет имени М.Танка, Минск

Приведены результаты исследования жизнедеятельности речного бобра в поймах малых рек Бобруйской равнины. Получены новые данные по экологии бобра в условиях естественных и антропогенных ландшафтов, охарактеризована его экологическая ниша.

Ключевые слова: бобр европейский, экологическая ниша, пойма, малые реки.

Речной бобр (*Castor fiber* L.) является одним из важных объектов пушного промысла. Наряду с ценным мехом, определенное значение имеет так называемая бобровая струя, используемая в парфюмерии. Кроме того, мясо и субпродукты бобра обладают хорошими вкусовыми свойствами. По этой причине бобр является весьма выгодным для охотничьего хозяйства видом, особенно в тех районах, где численность его велика. Роль этого грызуна, как преобразователя водных биоценозов, где он выполняет функцию вида эдификатора, возможно, не менее важна, чем получение товарной продукции.

Бобр, являясь ключевым видом естественного природного окружения, оказывает существенное влияние на процессы ландшафтного уровня, как в наземной, так и водной среде на беспозвоночных и рыб, изменяя поток энергии через границу вода-суша, меняет гетерогенность среды вдоль русел рек, ручьев и латерально [1, 2].

В настоящее время не существует достаточно выверенных и комплексных представлений о средообразующей деятельности бобра в экосистемах малых рек. Вместе с тем, деятельность бобра в значительной степени меняет структуру ландшафтов долин малых рек и влияет на состояние биологического разнообразия в местах его обитания. Некоторые авторы оценивают деятельность бобра речного как мощного средообразователя в ландшафтах речных долин [3].

Исследования проводились в 2013-2015 гг. Объектами исследования являлись малые реки бассейна реки Птичь: Комаринка, Зарудеча, Синяя, Точенка, Млынка, Талька, а также прилегающие мелиоративные каналы и пруды.

Учет бобров производился эколого-статистическим (картирование), морфологическим и методом выявления мощности поселений. Использовались как прямые, так и косвенные данные о численности бобра, мощности его поселений, питания и т.д. [4, 5].

При характеристике средообразующей роли бобровых построек учитывались все следы жизнедеятельности бобров – хатки, плотины, каналы, норы, тропы, погрызы древесно-кустарниковой растительности, кормовые площадки и столики. В каждом поселении отмечены и закартированы все постройки бобров: измерялись высота и длина хаток и полухаток, высота, диаметр основания, местоположение, для нежилых хаток дополнительно – степень разрушения.

На 6 обследованных малых реках и водоёмах района исследования, расположенных в их пойме (в основном сельскохозяйственные мелиоративные каналы и пруды, а также старицы), было выявлено 34 жилых и 12 нежилых поселений. Наибольшее количество жилых поселений отмечается непосредственно на малых реках – 24 поселения, на мелиоративных каналах располагается 8 и на прудах – 2 поселения. Общая численность бобра речного 136 особей.

Размеры участка, занимаемого одной бобровой семьей, варьируют от 200–400 м до 2–3 км. Его протяженность зависит от времени года, качества угодий, от степени заселения бобрами. Чем больше плотность населения бобров, тем меньше семейный участок, и тем труднее выявить границы бобровых поселений.

Протяжённость бобрового поселения зависит от количества доступных кормов (чем меньше кормов, тем протяжённее поселение), а также от наличия свободного участка водотока. Это согласуется с исследованиями Д.Д.Ставровского [6], который указывает, что

динамика численности бобра также четко коррелирует с запасами зимних древесных кормов, в первую очередь ивы, затем березы.

Одним из главных показателей, характеризующих экологическую нишу бобра речного, наряду с условиями проживания, является способ питания (трофический статус). Наличие на берегу или недалеко от берега зарослей древесно-кустарниковой растительности является основным критерием, характеризующим экологическую нишу бобра.

При исследовании трофического статуса бобра проводилось изучение особенностей летне-осеннего питания, а также наблюдение за его изменением с приближением зимы. Отличительной чертой летнего питания является то, что в это время бобры питаются не только древесно-кустарниковыми, но и травянистыми и водными видами.

В летний период (август – первая половина сентября) большинство кормовых следов встречаются не дальше чем в 5-10 м от воды и сосредоточены обычно на берегу, у её кромки. При поисках корма на мелиорированных участках пойм бобры часто переходят дороги, которые значительно (до 90 м) отделяют их от мест кормёжки.

Видовой состав растений в поймах малых рек не является богатым, т.к. большая часть их претерпела осушительную мелиорацию, и сейчас используется сельском хозяйстве.

Наиболее распространёнными видами растений, встречающихся в центальных местах кормежки (ЦМК) являются различные виды ив (пепельная, козья, пятитычинковая), берёза повислая, сосна обыкновенная и осина. На их долю приходится более 74 % всего древостоя. Из них 4 вида встречаются в более чем половине ЦМК. Это такие виды как берёза повислая, ива пепельная, сосна обыкновенная и осина. Всего было отмечено 22 вида древесно-кустарниковых пород растений. Наиболее высокой повреждаемостью отличаются такие виды как груша обыкновенная, яблоня домашняя, ива пятитычинковая, дуб обыкновенный и лещина (более 50 % отмеченных экземпляров данных видов были повреждены бобрами).

Наибольшую долю в структуре поедей занимают следующие виды: ива пятитычинковая – 18,9 %, ива пепельная – 16,7% и козья – 12,1. В общем, на семейство ивовые (9 видов) приходится немногим более 67% в общей структуре поедей. Следующее место в рационе питания бобра занимает береза - 18,7 %. На осину приходится 7,3 %.

Следует отметить, что на хвойные породы (сосна и ель обыкновенная, можжевельник) приходится 6,72 % в общей структуре поедаемых древесно-кустарниковых растений поедаемых на пробных площадках. Однако стоит отметить тот факт, что данные виды непосредственно в питании практически не используются. Из 79 экземпляров хвойных пород отмеченных на ЦМК, 26 были погрызены или повалены бобрами, и только на 5 экземплярах сосны обыкновенной отмечены следы поедания. Вероятнее всего, бобры подгрызают хвойные растения для того, чтобы освободить место для более предпочитаемых древесных пород, таких как ивы, берёза и осина. Благодаря такому регулированию нежелательного роста хвойных растений, бобры способны преобразовать прибрежные фитоценозы.

Из травянистых растений наиболее встречающимися в питании бобра являются 6 видов: аир обыкновенный встречается в питании бобра в пяти поймах рек, крапива двудомная, рогоз широколистный, таволга вязолистная, тысячелистник обыкновенный и щавель конский встречаются в четырёх поймах рек. Отмечены единичные случаи употребления в пищу таких видов как сныть обыкновенная, василёк луговой, горец мягкий, лютик луковичный, мята водная, пикульник обыкновенный, полынь обыкновенная, спорыш обыкновенный и сусак зонтичный. Таким образом, для пойм малых рек характерен весьма широкий спектр кормовых растений, входящих в рацион бобра.

Одним из потенциальных врагов бобра является выдра. Кроме взаимодействия «хищник-жертва» между бобром и выдрой, можно отметить взаимоотношение, относящееся к типу комменсализма. Выдра охотно заселяет брошенные бобром норы и хатки, т.к. сама в силу своего анатомического строения норы рыть не может. Однако, наиболее часто встречающимся хищником на территории бобровых поселений является лиса. Лиса охотно поселяется в брошенных бобровых норах и хатках. Летом 2013 и 2014 года нами отмечены 5 случаев неоднократного посещения лисами брошенных бобровых нор.

Таким образом, экологическая ниша бобра речного в поймах малых рек Бобруйской равнины характеризуется следующими параметрами:

- тип местообитания: малые реки поймы р. Птичь, мелиоративные каналы;
- жилые поселения. На 6 обследованных малых реках и водоёмах, расположенных в их пойме было выявлено 34 жилых поселения. Зарегистрировано 136 особей бобра.

Средняя протяжённость бобровых поселений в изучаемом районе составляет 1,02 км. Протяжённость бобрового поселения зависит от количества доступных кормов (чем меньше кормов, тем протяжённее поселение), а также от наличия свободного участка водотока.

Пищевая база бобра речного – древесно-кустарниковая растительность (ива, осина, береза, ольха); травянистая растительность (ежевика, аир, щавель, рогоз, таволга);

- взаимоотношения между популяциями бобра и другими животными – нейтраллизм, комменсализм, конкуренция за общий ресурс;

- чаще всего встречаются на территории бобровых поселений околотовные млекопитающие: (выдра, норка американская, ондатра, водяная крыса); парнокопытные (лось, косуля, дикий кабан); хищники (лиса); околотовные птицы (наиболее распространена кряква, в летнее время серая цапля и аист).

- большинство связей носят характер комменсализма. Животные селятся в брошенных бобровых норах и хатках, используют в корм подваленные бобрами деревья, находят добычу в более богатых бобровых поселениях. Естественными врагами потенциально являются волк, рысь, выдра и лиса.

Трансформация природных комплексов на участках бобровых поселений сводится к следующему: образуются новые зоогенные и постзоогенные формы микрорельефа: плотины, хатки, пруды, зоогенные русла и озера; усиливаются процессы линейной эрозии и суффозии по просадкам нор и тропам, меняется профиль и плановое строение берегов; возникают зоогенные водоемы и водотоки с полупроточным режимом бобровых прудов, каналов; возникает вторичное зоогенное заболачивание. Происходит изменение видового разнообразия растительности и увеличение площади водно-болотных биотопов.

Список использованных источников

1. Завьялов, Н.А. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек / Н.А. Завьялов, А.В. Крылов, А.А. Бобров и др. – М.: Наука, 2005. – 186 с.
2. Крылов, А.В. Влияние деятельности бобров как экологического фактора на зоопланктон малых рек // Экология. 2002.– № 5.– С. 350–357.
3. Crain, C. M. Ecosystem engineering across environmental stress gradients: implications for conservation and management/ С.М. Crain, M. D. Bertness// BioScience, N 56, 2006. – Pp. 211-216.
4. Алейников, А.А. Состояние популяции и средообразующая деятельность бобра европейского на территории заповедника «Брянский лес» и его охранной зоны: автореф. дис.на соиск. уч. степ. канд. биол. наук: 03.00.16 / А. А. Алейников; Ин-т экол. Волжского бассейна РАН. – Тольятти, 2010. – 22 с.
5. Данилов, П.И. Речные бобры Европейского севера России / П.И. Данилов – Москва: Наука, 2007. – 199 с.
6. Ставровский Д. Д. Особенности динамики популяции речного бобра в Березинском заповеднике и факторы ее определяющие / Д. Д. Ставровский // Беловежская пуша на рубеже третьего тысячелетия: материалы науч.-практич. конф., посвящ. 60-летию со Дня образования Гос. заповедника «Беловежская пуша», г. п. Каменюки, Брест. обл., 22–24 декабря 1999 г. – Минск: БГУ, 1999. – С.341–342.

Mavrishchev V.V., Kulesh V.F.

MEDIUM-FORWARDING ROLE AND ECOLOGICAL NISHA OF THE RIVER BEAVER IN THE CROSS OF SMALL RIVERS OF THE BABRUYSK PLAIN

Belarusian state pedagogical university of Maxim Tank (Belarus)

Results of a research of activity of a river beaver are given in flood plains of the small rivers of the Babruysk plain. New data on ecology of a beaver in the conditions of natural and anthropogenous landscapes are obtained, his ecological niche is characterized.

Keywords: beaver european, ecological niche, flood plain, small rivers.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ЛЕСНЫХ И ЛЕСОПАРКОВЫХ БИОЦЕНОЗОВ

А.В. Мицковец

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

В различных типах лесных и лесопарковых биоценозов зарегистрировано 6 видов мышевидных грызунов, из которых 4 вида относятся к семейству Мышиные – Muridae (*Apodemus flavicollis*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus*, *Micromys minutus*) и 2 вида принадлежит к семейству Полевки – Microtidae (*Microtus oeconomus*, *Microtus arvalis*).

Ключевые слова: мышевидные грызуны, лесные и лесопарковые зоны, биоценозы, виды грызунов.

Необходимость изучения мышевидных грызунов обусловлена важной ролью, которую они играют в природных комплексах. Грызуны являются важнейшим звеном ценотических цепей, во многом определяющее формирование и развитие природных комплексов, фактическую и потенциальную их продуктивность. Мышевидные грызуны являются важным составляющим кормов для многих хищников, так как у них быстро происходит процесс размножения, и определяют их популяционную динамику. Среди них встречаются вредители сельского и лесного хозяйства, грызуны наносят весьма значительные повреждения сельскохозяйственным культурам, лесным насаждениям. И также являются переносчиками заболеваний [1].

Тщательное изучение морфологии, биологии, экологии мышевидных грызунов, их паразитов позволит контролировать санитарную и эпидемиологическую обстановку в разных районах Беларуси и за ее пределами [2].

Исследования проводили с июля по август в 2015 – 2016 годов на территории Гродненской и Минской областей (Беларусь). А именно на территории города Гродно, Щучинского района Гродненской области, на территории «Республиканского ландшафтного заказника «Озеры» и на территории Борисовского района Минской области.

В ходе проведения работы на территории города Гродно исследовали 2 типа лесопарковых зон: Лесопарк Пышки – осинник печеночный, Коложский парк – липняк кисличный. На территории Щучинского района Гродненской области исследовали 2 типа лесных биоценозов (деревня Орлова Гора) – сосняк черничный и аналогичный первому сосняк черничный, расположенный на территории Республиканского ландшафтного заказника «Озеры». В Борисовском районе Минской области (деревня Лещины) – для проведения исследований выбран сосняк печеночный.

Для отлова мышевидных грызунов применяли ловушки Геро, которые расставляли в ловчие линии. В качестве приманки использовали обжаренный черный хлеб.

Всего за период исследований на территории города Гродно Щучинского района Гродненской области и Борисовского района Минской области выявлено 6 видов мышевидных грызунов, из которых 4 вида принадлежат семейству Muridae (мышь европейская – *Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758, мышь домовая – *Mus musculus* Linnaeus, 1758, мышь желтогорлая – *Apodemus flavicollis* Melchior, 1834, мышь-малютка – *Micromys minutus* Pallas, 1771) и 2 вида – семейству Microtidae (полевка обыкновенная – *Microtus arvalis* Pallas, 1778 и полевка экономка – *Microtus oeconomus* Pallas, 1776). Все зарегистрированные виды мышевидных грызунов, согласно литературным данным, довольно широко распространены на территории Беларуси.

При изучении различных типов биоценозов отметили следующий видовой состав мышевидных грызунов. В биоценозе 1 (сосняк печеночный в Борисовском районе)

зарегистрировали три вида – мышь домовая – *Mus musculus*, полевка обыкновенная – *Microtus arvalis* и полевка экономка – *Microtus oeconomus* (таблица). В биоценозе 2 (Коложский парк в г. Гродно – липняк кисличный) – четыре вида: мышь домовая – *Mus musculus*, мышь желтогорлая – *Apodemus flavicollis*, мышь европейская – *Apodemus sylvaticus*, мышь – малютка – *Micromys minutus*. В биоценозе 3 (Лесопарк Пышки г. Гродно – осинник печеночный) четыре вида: полевка обыкновенная – *Microtus arvalis*, мышь домовая – *Mus musculus*, желтогорлая мышь – *Apodemus flavicollis*, мышь европейская – *Apodemus sylvaticus*. В биоценозе 4 (сосняк черничный в дер. Орлова гора) – три вида: полевка обыкновенная – *Microtus arvalis*, мышь домовая – *Mus musculus*, полевка экономка – *Microtus oeconomus* (таблица). В биоценозе 5 (сосняк черничный в заказнике «Озеры» – один вид: полевка экономка – *Microtus oeconomus* (таблица).

Таблица – Видовой состав мышевидных грызунов различных типов биоценозов

№	Вид грызунов	Биоценоз				
		1	2	3	4	5
1	<i>Mus musculus</i>	+	+	+	+	-
2	<i>Apodemus sylvaticus</i>	-	+	+	-	-
3	<i>Microtus oeconomus</i>	+	-	-	+	+
4	<i>Microtus arvalis</i>	+	-	+	+	-
5	<i>Apodemus flavicollis</i>	-	+	+	-	-
6	<i>Micromys minutus</i>	-	+	-	-	-

Примечание: биоценоз 1 – деревня Лещины, биоценоз 2 – Коложский парк, биоценоз 3 – Лесопарк Пышки, биоценоз 4 – деревня Орлова гора, биоценоз 5 – заказник «Озеры»

Таким образом, в различных типах лесных и лесопарковых биоценозах на исследованной территории зарегистрировано 6 видов мышевидных грызунов, из которых 4 вида относятся к семейству Мышиные – Muridae (*Apodemus flavicollis*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus*, *Micromys minutus*) и 2 вида принадлежит к семейству Полевки – Microtidae (*Microtus oeconomus*, *Microtus arvalis*).

На территории г. Гродно в лесопарковых зонах доминантным видом является *Mus musculus* (как синантропный вид) и *Microtus arvalis*, а на территории Борисовского района (деревня Лещины) *Microtus arvalis*, что связано с экологическими условиями типом фитоценоза, а также присутствием антропогенного фактора в урбоценозе.

Список использованных источников

1. Smithsonian National Museum of Natural History [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vertebrates.si.edu/msw/mswCFApp/msw/taxonbrowser.cfm>. – Дата доступа: 26.04.2017.
2. Библиофонд. Электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=720622>. – Дата доступа: 26.02.2017.

Mickovec A.V.

SPECIES OF RODENTS IN FOREST AND WOODLAND BIOCENOSSES

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

In various types of forest and forest-park biocenoses 6 species of mouse-like rodents from which 4 look concern to family Mouse – Muridae (*Apodemus flavicollis*, *Mus musculus*, *Apodemus sylvaticus*, *Micromys minutus*) and 2 look are registered belongs to family of the Vole – Microtidae (*Microtus oeconomus*, *Microtus arvalis*).

Keywords: mouse-like rodents, forest and green space, biocenoses, species of rodents.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАРЫБЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОДОЁМОВ БЕЛАРУСИ КАРАСЁМ СЕРЕБРЯНЫМ

А.С. Полетаев

ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам», Минск

Проведён анализ эффективности зарыбления 75 водоёмов Беларуси карасём серебряным. Рассчитаны показатели интенсивности и эффективности зарыбления. Выделены группы водоёмов, характеризующихся высоким, средним и низким уровнями интенсивности и эффективности зарыбления карасём серебряным.

Ключевые слова: карась серебряный, эффективность зарыбления, водоёмы Беларуси, рыбное хозяйство.

Введение. Карась серебряный (*Carassius auratus s. lato*) массово используется для зарыбления водных объектов Беларуси с 1954 г. и является одним из объектов выращивания и разведения в большинстве рыбхозов страны [1, с. 23-24]. При этом эффективность зарыбления карасём серебряным различных водоёмов существенно различается и не всегда коррелирует с объёмом зарыбления водоёма. Так, 33,9% улова карася серебряного из водоёмов Беларуси в период с 2001 по 2010 г. приходилась на оз. Червоное, суммарный объём зарыбления которого в этот период составляет всего 5% от общего объёма зарыбления водоёмов Беларуси карасём серебряным [1, с. 27-28].

Причинами различий в эффективности зарыбления водоёмов могут быть как неодинаковые условия обитания в данных водоёмах, так и биологические особенности использованного посадочного материала. Карась серебряный представлен значительным количеством различных экологических форм, отличающихся по различным критериям, в первую очередь – по особенностям кариотипа и обусловленным ими различиям в репродуктивной биологии [1, с. 12; 2]. В частности, триплоидные гиногенетические формы карася серебряного размножаются значительно быстрее диплоидных амфимиктических форм, а также представляют угрозу для популяций аборигенных видов карповых, в первую очередь карася золотого *C. carassius* [1, с. 17-22; 2].

Целью исследования был анализ эффективности зарыбления водоёмов Беларуси карасём серебряным. **Задачи исследования:** (1) проанализировать отчёты о зарыблении водных объектов Беларуси и данные промысловой статистики вылова; (2) рассчитать показатели интенсивности и эффективности зарыбления водоёмов Беларуси карасём серебряным; (3) выделить группы водоёмов, характеризующихся различной степенью интенсивности и эффективности зарыбления карасём серебряным.

Материалы и методы. Для расчёта эффективности зарыбления были использованы данные промысловой статистики вылова в промежутке с 2010 по 2015 гг. и отчётов о зарыблении водных объектов Беларуси в промежутке с 2002 по 2015 гг. С целью наиболее адекватной оценки объёма зарыбления водоёмов карасём серебряным пользовались методикой оценки условного зарыбления. Используемый для зарыбления рыбопосадочный материал различных возрастов переводили в число условных сеголеток с помощью переводных коэффициентов, основанных на нормах выживаемости вселенцев и промысловом возврате [3, с. 182-191]. Переводные коэффициенты для карася серебряного принимали равными 1 для сеголеток и годовиков, 2 – для разновозрастного посадочного материала, 3 – для двухлеток и двухгодовиков и 6 – для старших возрастных групп. Для сравнения объёмов зарыбления разных водоёмов рассчитывали число условных сеголеток на гектар площади водоёма. При качественной оценке интенсивности зарыбления (далее I) приняли следующие границы: до 150 усл. сег./га – низкая I; от 150 до 500 – средняя I; выше 500 – высокая I.

Для оценки эффективности зарыбления (далее E) рассчитывали долю карася серебряного в суммарном улове рыбы из водоема за исследованный промежуток времени. При доле карася серебряного в улове менее 20% E оценивали как низкую, от 20 до 60% – как среднюю и более 60% – как высокую. Также на основе данных промысловой статистики рассчитывали среднее количество килограммов карася серебряного с гектара водоёма в год.

Результаты и их обсуждение. Из 75 проанализированных водоёмов 15 (20%) характеризуются высокой Е (из них высокой I характеризуется 1 водоём, средней – 5, низкой – 9), 26 (34,7%) – средней Е (высокая I – 3, средняя – 10, низкая – 13) и 34 водоёма (45,3%) – низкой Е (высокая I – 6, средняя – 11, низкая – 17). Выявление причин различий эффективности зарыбления водоёмов карасём серебряным требует исследования конкретных популяций и условий их обитания, что не было задачей настоящего исследования.

Таблица 1 – Группы водоёмов по интенсивности и эффективности зарыбления карасём серебряным

Группа	Водоём	Объём зарыбления, усл. сег./га	Доля карася в суммарном улове, %	Среднегодовой улов карася, кг/га
Высокая I Высокая Е	оз. Солонец, Полоцкий р-н	862	86,1	8,17
Высокая I Средняя Е	т/у Ореховский-1, Малоритский р-н	1101	57,2	3,81
	пр. Пральня, Минский р-н	549	50,5	2,53
	оз. Боровно, Лепельский р-н	1184	31,6	3,24
	вдхр. Гута, Пружанский р-н	636	28,9	2,29
Высокая I Низкая Е	вдхр. Васьковцы, Молодечненский р-н	1250	28,8	4,17
	оз. Островенское, Бешенковичский р-н	767	19,9	1,5
	оз. Боровое, Поставский р-н	1222	16,1	1,03
	оз. Олтуш, Малоритский р-н	730	7,6	3,28
	оз. Любань, Кобринский р-н	639	6,1	0,53
	оз. Городно, Россонский р-н	968	6,1	0,31
	оз. Белое, Берёзовский р-н	1039	3,6	2,30
	кар. Гайдуковка 4, Минский р-н	767	2,9	0,34
	вдхр. Селец, Берёзовский р-н	765	1,7	0,43
оз. Недрово, Браสลавский р-н	505	0,4	0,02	
Средняя I Высокая Е	оз. Усвяе, Ушачский р-н	333	91,7	3,81
	оз. Марцебылинское, Глубокский р-н	163	82,6	18,89
	оз. Городно, Шумилинский р-н	201	69,4	3,50
Средняя I Средняя Е	оз. Ореховское, Малоритский р-н	377	58,8	2,87
	оз. Негроза, Лепельский р-н	300	54,9	4,96
	оз. Церковище, Поставский р-н	227	41,6	4,95
	оз. Межужол, Докшицкий р-н	440	35,5	0,79
	оз. Грецкое, Миорский р-н	277	32,8	3,66
	пр. Половица, Глубокский р-н	313	24,9	4,03
	оз. Петровское, Глубокский р-н	197	24,7	6,42
	оз. Споровское, Берёзовский р-н	175	24,1	0,23
	оз. Берёзовское, Глубокский р-н	200	21,5	0,65
	оз. Карпинское, Глубокский р-н	200	20,8	4,34
Средняя I Низкая Е	оз. Картея, Шарковщинский р-н	297	17,8	2,03
	оз. Кальница, Гродненский р-н	220	16,8	0,46
	оз. Богдановское, Сенненский р-н	409	12,4	0,68
	оз. Матырино, Ушачский р-н	161	12,3	1,43
	оз. Городно, Бешенковичский р-н	403	10,5	1,14
	вдхр. Дубровское, Смолевичский р-н	390	6,7	0,46
	оз. Саранчаны, Глубокский р-н	300	6,7	1,04
	оз. Канаши, Полоцкий р-н	300	6,1	0,65
	вдхр. Гранне, Брестский р-н	438	5,6	0,70
	оз. Ордышево, Сенненский р-н	440	5,2	0,61
	оз. Лукомльское, Чашникский р-н	275	4,5	0,39
	оз. Усомля, Полоцкий р-н	170	1,6	0,18
	вдхр. Погостское, Пинский р-н	245	0,3	0,10
Низкая I Высокая Е	оз. Дебеевское, Шумилинский р-н	100	97,6	2,54
	оз. Червятка, Полоцкий р-н	0	83,2	8,47
	оз. Червоное, Житковичский р-н	126	71,3	20,84
	вдхр. Локтыши, Ганцевичский р-н	50	69,2	5,75
	вдхр. Солигорское, Солигорский р-н	34	68,4	0,08

	оз. Маруга, Брагславский р-н	100	62,2	3,95
	оз. Подявы, Миорский р-н	150	60,0	4,09
Низкая I Средняя E	оз. Пренц, Городокский р-н	150	56,6	0,77
	вдхр. Белин, Дрогичинский р-н	97	48,3	4,04
	вдхр. Осиповичское, Осиповичский р-н	71	43,2	3,67
	вдхр. Рудники, Пружанский р-н	150	41,4	3,01
	вдхр. Днепрец, Горецкий р-н	82	37,5	2,86
	оз. Малый Тучек, Россонский р-н	38	34,6	2,16
	оз. Слободское, Вилейский р-н	113	31,4	4,23
	оз. Большой Тучек, Россонский р-н	132	29,4	2,33
	оз. Завирье, Россонский р-н	40	24,6	0,61
	оз. Долгое, Лепельский р-н	138	22,4	1,28
	оз. Гудо, Россонский р-н	41	21,7	0,72
	Низкая I Низкая E	оз. Изубрица, Верхнедвинский р-н	144	16,1
оз. Нобисто-Дедино, Миорский р-н		50	12,4	0,90
оз. Плотвичное, Россонский р-н		38	12,2	0,92
оз. Чёрное, Берёзовский р-н		40	11,2	1,77
оз. Лепельское, Лепельский р-н		2	8,3	0,36
оз. Богино, Брагславский р-н		40	6,3	0,28
оз. Песчаное, Ивановский р-н		120	6,1	1,14
оз. Худовец, Крупский р-н		98	5,5	0,30
оз. Большие Швакшты, Поставский р-н		60	5,3	0,53
оз. Селище, Ушачский р-н		59	3,8	0,14
оз. Свирь, Мядельский р-н		99	3,6	0,37
оз. Михайловское, Пуховичский р-н		78	3,2	0,08
оз. Неспиц, Брагславский р-н		45	2,1	0,10
оз. Усвечье, Россонский р-н		50	1,2	0,06
оз. Россомаченское, Россонский р-н		100	1,0	0,23
вдхр. Любанское, Любанский р-н		143	0,1	0,02
оз. Навлица, Полоцкий р-н		103	0,0	0,00

Выводы. Эффективность зарыбления карасём серебряным является высокой лишь в относительно небольшой части зарыбляемых этим видом водоёмов (20%), причём более половины из них (9 из 15) характеризуются низкой интенсивностью зарыбления. Это указывает на преимущественное влияние на эффективность зарыбления биологических особенностей рыбопосадочного материала и/или условий обитания карася в данных водоёмах, нежели интенсивности зарыбления.

Список использованных источников

1. Оценка состояния популяций карася серебряного, интродуцированного в водоемы различных природно-климатических зон, и пути устойчивого использования его промысловых запасов: отчёт о НИР (заключ.) / ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам»; рук. темы В.К. Ризевский. – Минск, 2013. – 50 с. – № Б11АРМ-011.
2. Полетаев, А.С. Анализ кариотипов карасей в условиях Беларуси / А.С. Полетаев // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2016. – № 3. – С. 101–104.
3. Справочник по озёрному и садковому рыбководству / Г.П. Руденко [и др.]; под общ. ред. Г.П. Руденко. – Москва: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983. – 312 с.

Poletaev A.S.

THE EFFICIENCY OF SEVERAL WATER BODIES OF BELARUS STOCKING BY GOLDFISH Scientific and Practical Center for Bioresources of NAS of Belarus (Belarus)

The efficiency of 75 water bodies of Belarus stocking by goldfish was analyzed. The indexes of intensity and efficiency of stocking were estimated. The groups of water objects characterized by high, average and low levels of intensity and efficiency of stocking by goldfish were singled.

Keywords: goldfish, stocking efficiency, water bodies of Belarus, fishery.

В.К. Ризевский, И.А. Ермолаева, А.В. Лещенко
ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», Минск

Характер распространения и возрастающая роль чужеродных видов рыб в структуре рыбного населения прибрежной зоны водотоков, а также особенности гидрографической сети позволяют считать Беларусь важным инвазионным коридором Центральной Европы

Ключевые слова: чужеродные виды, гидрологическая сеть, распространение.

Особенности геологического строения и рельефа Беларуси обусловили развитие густой гидрографической сети, включающей многочисленные реки, ручьи и озера. Гидрологическая сеть Беларуси является уникальной. Не имея прямого контакта с морями, Беларусь связана с Балтийским и Черным морем протекающими по ее территории трансграничными водотоками (табл. 1). Примерно посередине Беларуси с юго-запада на северо-восток проходит Черноморско-Балтийский водораздел, при этом 57% территории Беларуси относится к бассейну Черного моря, 43% - Балтийского моря.

Таблица 1 – Трансграничные водотоки Беларуси

Название реки	Общая длина, км	Длина в Беларуси, км	Бассейн реки	Куда впадает	Бассейн моря	Исток-протекает-устье
Транзитные водотоки						
Зап. Двина	1020	328	Зап. Двина	Балтийское море	Балт.	Россия-Беларусь-Латвия
Зап. Буг	772	154	Висла	р. Нарев	Балт.	Украина-Беларусь-Польша
Днепр	2201	700	Днепр	Черное море	Черн.	Россия-Беларусь-Украина
Припять	761	500	Днепр	р. Днепр	Черн.	Украина-Беларусь-Украина
Исток водотока в Беларуси						
Синюха	195	14	Нарва	р. Великая	Балт.	Беларусь-Латвия-Россия
Неман	937	459	Неман	Балтийское море	Балт.	Беларусь-Литва-Россия
Ловать	536	47	Нева	оз. Ильмень	Балт.	Беларусь-Россия
Вилия	498	264	Неман	р. Неман	Балт.	Беларусь-Литва
Нарев	490	42	Висла	р. Зап. Буг	Балт.	Беларусь-Польша
Мяркус	202	12	Неман	р. Неман	Балт.	Беларусь-Польша
Ипуть	437	64	Днепр	р. Сож	Черн.	Беларусь-Россия-Беларусь
Устье водотока в Беларуси						
Дисна	178	149	Зап. Двина	р. Зап. Двина	Балт.	Литва-Беларусь
Ч. Ганча	145	35	Неман	р. Неман	Балт.	Польша-Беларусь
Сож	648	493	Днепр	р. Днепр	Черн.	Россия-Беларусь
Остер	274	50	Днепр	р. Сож	Черн.	Россия-Беларусь
Беседь	261	185	Днепр	р. Сож	Черн.	Россия-Беларусь
Вихра	158	40	Днепр	р. Сож	Черн.	Россия-Беларусь
Каспля	136	20	Зап. Двина	р. Зап. Двина	Балт.	Россия-Беларусь
Горынь	659	82	Днепр	р. Припять	Черн.	Украина-Беларусь
Стырь	494	70	Днепр	р. Припять	Черн.	Украина-Беларусь
Уборть	292	126	Днепр	р. Припять	Черн.	Украина-Беларусь
Ствига	178	122	Днепр	р. Припять	Черн.	Украина-Беларусь
Моства	172	80	Днепр	р. Ствига	Черн.	Украина-Беларусь
Словечна	158	109	Днепр	р. Припять	Черн.	Украина-Беларусь

Принадлежность рек к разным морским бассейнам и равнинность водоразделов способствовали строительству на территории Беларуси судоходных каналов (табл. 2). В конце 18-начале 19-го века для торговли и сплава леса были построены межбассейновые каналы, соединяющие реки бассейнов Черного и Балтийского морей: канал Огинского, Березинская водная система и Днепроовско-Бугский канал (табл. 2). Во второй половине XX в. для

снабжения водой столицы Беларуси г. Минск посредством переброса воды из р. Виляя (бассейн Балтийского моря) в р. Свислочь (приток р. Березина, бассейн Черного моря) была сдана в эксплуатацию Вилейско-Минская водная система. Помимо своего прямого назначения данные водные системы стали путями распространения рыб из одного водного (морского и/или речного) бассейна в другой.

Таблица 2 – Морские межбассейновые водные соединения Беларуси

Название	Даты строитель.	Длина, км	Соединяет
Днепровско-Неманский канал (Канал Огинского)	1763-1783	50,5	р. Ясельда (пр. Припяти; бас. Днепра) – р. Щара (пр. Немана)
Березинская водная система (Березинский водный путь)	1797-1805	169	р. Березина (пр.Днепра) – р. Зап. Двина
Днепровско-Бугский канал (Королевский канал, ДБК)	1775-1783	196	р. Пина (пр. Припяти; бас. Днепра) – р. Мухавец (пр.Зап. Буга; бас. Вислы)
Вилейско-Минская водная система	1968-1976	62	р. Виляя (пр. Немана) - р. Свислочь (пр. Березины, бас. р. Днепр)
Мелиоративная система «Верховье Ясельды» (Междуречье Ясельды и Нарева)	1960–70-е		р. Ясельда (пр. Припяти; бас. Днепра) – р. Нарев (пр. Вислы)

Из 65 видов рыб, отмечаемых в настоящее время в естественных водоемах Беларуси, 18 видов не являются аборигенными видами, а появились в составе фауны рыб страны в обозреваемый исторический период. В таксономическом отношении неаборигенные виды рыб являются представителями 6 отрядов (*Clupeiformes*, *Cypriniformes*, *Siluriformes*, *Salmoniformes*, *Gasterosteiformes*, *Perciformes*), 8 семейств (*Clupeidae*, *Cyprinidae*, *Ictaluridae*, *Salmonidae*, *Gasterosteidae*, *Syngnathidae*, *Odontobutidae*, *Gobiidae*) и 16-ти родов (*Clupionella*, *Ctenopharyngodon*, *Carassius*, *Cyprinus*, *Pseudorasbora*, *Aristichthys*, *Hypophthalmichthys*, *Ameiurus*, *Ictalurus*, *Parasalmo*, *Pungitius*, *Syngnathus*, *Percocottus*, *Benthophilus*, *Neogobius*, *Proterorhinus*). Из них 1 отряд, 5 семейств и 14 родов являются новыми (выделены **полужирным** шрифтом) для фауны Беларуси.

Проведенный нами анализ путей и способов появления чужеродных видов рыб в водоемах/водотоках Беларуси, области распространения, а также имеющихся материалов по их доле в контрольных уловах молоди рыб на прибрежных мелководьях основных водотоков Беларуси показал следующее.

✓ Появление в водоемах Беларуси чужеродных видов рыб в равной мере обусловлено непосредственным завозом их человеком (далее виды-интродуценты) и самостоятельным проникновением по гидрологической сети из граничащих территорий (далее виды-аутовселенцы).

✓ Основная часть видов-интродуцентов вселена в водоемы Беларуси преднамеренно.

✓ В целом по всем исследованным прибрежным мелководным участкам водотоков (всего 24 участка рек Днепр, Припять, Сож, Березина, Пина, Мухавец и Виляя) доля чужеродных видов рыб в уловах молоди колеблется от 0,16 % до 15,82 % численности всех выловленных рыб. При этом подавляющее большинство из них представлены понтоткаспийскими видами-аутовселенцами, доля в уловах которых колебалась от 0,12 % до 14,91 %.

✓ Из всех отмеченных на прибрежных мелководьях водотоков чужеродных видов рыб наиболее распространенным является бычок-песочник. Данный вид отмечен на всех исследованных нами участках водотоков. Его доля в уловах молоди на разных участках колебалась от 0,12 % до 7,85 %.

✓ Вторым по распространенности чужеродным видом среди молоди на прибрежных участках водотоков оказался бычок-гонец, затем – бычок-цуцик (соответственно

на 13 и 9 участках из 24 исследованных). Доля гонца в уловах достигала 10,55 % всего улова, цуцика – 8,73 %.

✓ Наибольшим видовым разнообразием понто-каспийских видов-аутовселенцев характеризуется нижний участок р. Днепр, непосредственно примыкающий к Киевскому водохранилищу (Украина). Здесь выявлены все 7 известных в Беларуси чужеродных понто-каспийских аутовселенцев (малая южная колюшка *Pungitius platygaster*, пухлощечая рыба-игла *Syngnathus abaster*, звездчатая пуголовка *Benthophilus stellatus*, бычок-песочник *Neogobius fluviatilis*, бычок-гонец *Neogobius gymnotrachelus*, бычок-кругляк *Neogobius melanostomus*, бычок-цуцик *Proterorhinus marmoratus*). Вверх по течению р. Днепр количество видов-аутовселенцев уменьшается, и на верхнем (в пределах Беларуси) участке р. Днепр отмечается только 1 понто-каспийский аутовселенец (бычок-песочник) [1].

✓ Из 36 выявленных в уловах на белорусском участке Центрального инвазионного коридора (Припять-Пина-ДБК-Мухавец) видов рыб, отмечено 3 понто-каспийских аутовселенца - бычок-песочник, бычок-гонец и бычок-цуцик. При этом на участке в пределах бассейна Черного моря (р. Припять-р. Пина) выявлены все 3 понто-каспийских аутовселенца, в пределах бассейна Балтийского моря (р. Мухавец) и ДБК – по 2 (бычок-песочник и бычок-гонец) [2].

✓ Наибольшая численность понто-каспийских аутовселенцев в структуре молодежи рыб на прибрежных мелководьях водотоков Беларуси отмечена на участках, где расположены речные порты, что свидетельствует о важной роли последних в инвазии этих чужеродных видов рыб.

✓ Процесс инвазии рыб в водоемах Беларуси включает не только видовую, но и популяционную составляющую, что выражается в проникновении аборигенных рыб в новые для вида водные бассейны в пределах территории страны.

✓ В настоящее время Днепро-Бугский канал и Вилейско-Минская водная система являются важными действующими межбассейновыми коридорами, по которым происходит взаимопроникновение рыб между водоемами бассейна Черного и Балтийского морей.

✓ Расширение области распространения видов-аутовселенцев, самостоятельно расширяющих ареал по водотокам, происходит как против течения, так и по течению водотоков.

✓ Гидрографическая сеть Беларуси играет важную роль в распространении не только видов-аутовселенцев, но и видов-интродуцентов, вследствие естественного расселения из мест первичной интродукции, в связи с чем территория Беларуси становится «вторичным очагом» инвазий для граничащих регионов.

Список использованных источников

1. Ризевский В.К., Ермолаева И.А., Лещенко А.В., Кудрицкая А.П. Понто-каспийские иммигранты в структуре молодежи рыб прибрежной мелководной зоны р. Днепр (в пределах Беларуси) // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2014. Вып. 30.- С. 267-280.
2. Ризевский В.К., Ермолаева И.А., Лещенко А.В., Григорчик А.П. Понто-каспийские виды-аутовселенцы в структуре молодежи рыб прибрежной мелководной зоны белорусского участка центрального инвазионного коридора // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. 2016, Вып. 32. – С. 206-219.

Rizevsky V., Ermolaeva I., Leschenko A.

THE ROLE OF THE HYDROGRAPHIC NETWORK OF BELARUS IN FISH INVASION PROCESS

Scientific and Practical Center for Biological Resources, National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

Alien fish species distributional pattern and their increasing role in the structure of the ichthyofauna of the coastal zone, as well as the hydrographic network characteristics, make Belarus an important invasive corridor of central Europe.

Keywords: alien species, hydrological network, distribution.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПРЕИМАГИНАЛЬНЫМИ ФАЗАМИ РАЗВИТИЯ КРОВСОСУЩИХ МОШЕК

О.А. Фёдорова, А.А. Гавричкин, Т.А. Хлызова, Е.И. Сивкова

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии», Тюмень

На юге Тюменской области местами выплода кровососущих мошек являются реки Исеть, Тобол, Ишим, Пышма, Тура, Тавда и мелкие речки и ручьи. Практикуемое в регионе строительства плотин на мелких реках замедляет до минимума (0,1 м/с) течение и способствует значительному уменьшению численности преимагинальных фаз развития мошек. Этот метод является одним из эффективных экологических методов борьбы с мошками.

Ключевые слова: кровососущие мошки, преимагинальные фазы развития, личинки, куколки, места выплода, реки, водохранилища, скорость течения воды.

Кровососущие мошки (семейство *Simuliidae*) развиваются в быстротекущих водоемах различной величины – от мелких ручьев до самых крупных рек. Особенно благоприятны для скопления мошек мелкие водопады с пузырьками воздуха и наличием подходящего субстрата, а также быстрые перекааты, там, где скорость течения превышает 0,5 м/с [1-4].

В системе мероприятий по борьбе с кровососущими мошками особое значение отводится экологическим методам - ликвидации мест выплода в сочетании с проведением общехозяйственных гидрологических работ [5]. Первые мероприятия по истреблению мошек были направлены на уничтожение яиц, личинок и куколок кровососущих мошек путем механического удаления их из водоемов вместе с субстратом, на котором они располагаются [6, 7]. Однако, в этом случае эффект можно получить только в мелких водоемах и на ограниченных территориях. Строительство плотин, образование водохранилищ, шлюзование рек путем сооружения временных запруд и дамб приводит к гибели значительной части, личиночной популяции [4, 8-10]. При наличии большой сети ручьев и речек, построение запруд летом может дать значительный эффект. В целях борьбы с личинками мошек также рекомендуется повышать мутность воды (взмучивание), что вызывает массовую миграцию личинок [11]. Однако, повышенная мутность является неблагоприятным фактором для рыб. Вопросу о снижении численности кровососущих двукрылых насекомых путем мелиорации, посвящены работы многих ученых [6, 12 и др.]. Однако мелиоративные мероприятия и строительство гидротехнических сооружений требуют больших затрат и в малонаселенных районах они пока нерентабельны.

Материал и методы исследования. Целью нашей работы было обследование основных мест выплода кровососущих мошек на юге Тюменской области, изучение экологических особенностей этих водоемов и их влияние на численность преимагинальных фаз развития симулиид.

Работа выполнена в лаборатории энтомологии и дезинсекции ФГБНУ «Всероссийский научно - исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии». Для изучения экологии мошек проводили сборы и количественные учеты численности преимагинальных фаз по общепринятым методикам [13]. Места выплода и заселенность их мошками выявляли путем систематических обследований. При этом измеряли скорость течения и отмечали уровень воды. Для определения плотности личинок и куколок сразу после извлечения субстрата выбирали листья или стебли растения, с разной плотностью заселения, и вырезали из них участок длиной 10 см, измеряли его ширину и площадь, на которой и подсчитывали количество личинок и куколок. Исходя из площади субстрата рассчитывали плотность на 1 дм².

Результаты исследований. Систематические обследования мест выплода кровососущих мошек нами были проведены на юге Тюменской области в подзонах южной тайги, мелколиственных осиново-березовых лесов и в лесостепной зоне. Водотоки этого

региона являются равнинными, отличаются весенне-летними паводками и разнообразием скоростей течения.

Река Тобол: берег крутой, дно песчано-илистое, со скоростью течения - 0,25 м/с. Река Пышма – один из основных водоемов выплода мошек: берег крутой, дно песчано-илистое, скорость течения 0,25 м/с. Река Тура: скорость течения не менее 0,25 м/с, дно песчано-илистое. На реке отмечается высокая мутность воды. Река Исеть: скорость течения не менее 0,25 м/с, берег крутой, дно песчано-илистое. Река Иска: ширина - 5 м, глубина - 1-2 м, скорость течения - 0,6 м/с, дно каменистое. Речка Саранка: ширина - 5 м, глубина - 1-2 м, скорость течения - 0,3 м/с, дно каменистое. Речки Цинга и Балдушка: ширина около 5 м, глубина - 1-2 м, скорость течения - 0,1-0,2 м/с, дно песчано-илистое. Речка Бешкилька: ширина речки около 5 м, глубина 1-2 м, скорость течения 0,5 м/с, дно каменистое. Мелкие речки Бешкиль и Ирюм протекают в пойменных участках пастбищ и служат местом водопоя животных, на них имеются многочисленные плотины (запруды), скорость их течения снижена, а иногда наблюдается застой воды. Ширина их составляет 2-5 м. В таких речках личинки куколки мошек встречались только в протоках. На р. Бешкиль при ограниченном стоке воды через трубу в плотине личинки и куколки нами были обнаружены выше плотины, непосредственно в самой трубе и ниже плотины, где вода падает из трубы и обогащена кислородом. Далее опять скорость течения уменьшается, вследствие подпора воды следующей плотиной. Многократное обследование речек Ирюм и Бешкиль на участках подпора воды при скорости течения 0,1 м/с наличия личинок и куколок не выявили. Речка Юзя обследована недалеко от устья около моста через нее. Вследствие строительства моста грунт состоял из песка и гравия, и глубина речки в этом месте составила 15-30 см при ширине около 2 м. Выше и ниже моста дно реки илистое глубина до 1 м. Единичных личинок и куколок находили на листьях осоки и на камнях на перекате, а выше и ниже его они не обнаружены, видимо вследствие медленного течения.

Сравнение, плотности поселения преимагинальных фаз мошек в различные годы исследований показало, что в сезоны 2006 и 2008 гг. средняя численность личинок и куколок была низкой и составила от 2 до 97 особей/дм². Низкая численность личинок и куколок объясняется отсутствием весеннего паводка. Низкий уровень численности личинок и куколок можно, объяснять и тем, что некоторые виды мошек откладывают яйца в трещины почвы по берегам рек в зоне до 50 см от уровня воды и в случае отсутствия паводка затопления их не происходит [15]. В 2007 году наиболее высокая средняя плотность личинок и куколок (100-200 особей /дм²) зарегистрирована в реках Пышма, Исеть, Цинга, Иска. Это объясняется тем, что в 2007 г наблюдался длительный паводок на реках. Поэтому водотоки оказались более интенсивно заселенными мошками, что вполне согласуется с данными других исследователей [11].

По мнению ряда авторов [1, 15] развитие преимагинальных фаз мошек зависит главным образом от уровня и гидрологического режима водоема. Наши исследования подтверждают отсутствие личинок в местах подпора воды, где скорость течения ниже 0,2 м/с. Одним из факторов ограничивающих распределение мошек в местах выплода, является загрязнение сточными водами и захламленность, как самих водотоков, так и территорий речных долин бытовыми и промышленными отходами [16]. В нашем случае таким примером является р. Тура, где мошки отмечаются единично. Большое содержание в воде взвешенных и растворенных веществ, делают воду мутной, что отрицательно сказывается на выплоде. Минеральные вещества забивают кокон, дыхательные нити, а органические – окисляясь, уменьшают содержание в воде кислорода.

Заключение. Таким, образом, на юге Тюменской области местами выплода мошек являются реки Исеть, Тобол, Ишим, Пышма, Тура, Тавда и мелкие речки и ручьи. Наиболее высокая их численность наблюдалась в р. Исеть, Пышма, Иска. Сравнение плотности преимагинальных фаз мошек в разные годы показало, что в сезон 2007 г., когда наблюдался высокий длительный паводок на реках, водотоки оказались более интенсивно заселенными мошками, что вполне согласуется с данными других исследователей о зависимости обилия личинок и куколок от гидрологического режима рек [1, 15].

Следует также отметить, что практикуемое на юге области строительства плотин на мелких реках для создания водохранилищ, с различными хозяйственными целями, в том числе и для водопоя животных на пастбищах, замедляет до минимума (0,1 м/с) течение и способствует значительному уменьшению численности преимагинальных фаз развития мошек. Этот метод является одним из эффективных экологических методов борьбы с мошками, что согласуется с результатами других исследователей [8, 9].

Список использованных источников

1. Гребельский С.Г. Факторы регулирующие численность кровососущих мошек (Simuliidae) // Тр. Междунар. энтомол. конгресса. Т. 3. – Л.: Наука, 1972. – С. 164.
2. Бодрова Ю.Д. Причины, определяющие кровососущую активность некоторых видов мошек (Diptera, Simuliidae) в Приморском крае // Систематика и экология насекомых Дальнего Востока: Сб. науч. тр. / Биол. – почв. ин-т ДВНЦ АН СССР. – Владивосток, 1986. – С. 103-111.
3. Петрожицкая Л.В., Родькина В.И. Структура сообществ и пространственное распределение мошек (Diptera, Simuliidae) в водотоках бассейна р. Абакан // Сиб. экол. журн. – 2003. – Т. 10. №3. – С. 371-376.
4. Гребельский С.Г. О закономерностях и дальности разлета кровососущих мошек (Simuliidae) фауны Среднего Приангарья // Изв. Вост. – Сиб. отдел. геогр. об-ва СССР. - Иркутск, 1964. - №62. – С. 106-112.
5. Дубицкий А.М. Об интегрированной системе мероприятий по борьбе с гнусом на юге-востоке Казахстана // Регуляторы численности гнуса на юге-востоке Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1973. – С. 139-159.
6. Рубцов И.А. Мошки (сем. Simuliidae) // Фауна СССР. Двукрылые. – М.-Л., 1956. – Т. 6, вып. 6. – 680с.
7. Robert L.L., Coleman R.E., Lapointe D.A. Laboratory and field evaluation of five repellents against the black – flies *Prosimulium mixtum* and *P. fuscum* (Diptera, Simuliidae) // J. Med. Entomol. – 1992. – Vol. 296, № 2. – P. 267-272.
8. Закамырдин И.А. К вопросу интегрирования систем мероприятий против кровососущих двукрылых насекомых // Ученые записки Казан. вет. ин-та. Т. 115. - 1974. – С. 262-267.
9. Прудкина Н.С., Солодовникова В.С., Гусакова В.А. Массовое размножение мошек (Diptera, Simuliidae) в восточной Украине // Кровососущие и зоофильные двукрылые (Insecta: Diptera) / РАН. Зоол. ин-т. – СПб., 1992. – С. 133-135.
10. Звягинцев С.Н. Материалы по биологии мошек (Diptera, Simuliidae) на водохранилищах. Распространение личинок в условия зарегулированной Волги // Мед. паразитол. – 1965. - № 1. – С.32-38.
11. Митрохин В.У. Кровососущие мошки (сем. Simuliidae) Северного Зауралья: Автореф. дис... д-ра биол. наук. – Л., 1974. - 38с.
12. Трухан М.Н., Пахолкина Н.В. Кровососущие двукрылые насекомые Белоруссии. - Минск, 1984. – С. 134-135.
13. Рубцов И.А. Методы изучения мошек: М., Л. – 1956. – 55с.
14. Ladle M.A., Bass J.A., Cannicott L.J. Unigue strategy of blackfly oviposition (Diptera, Simuliidae) // Entomol. Qaz., 1985. - № 2. - P. 147-149.
15. Воробец Э.И. Особенности экологии мошек (Diptera, Simuliidae) Алданского Нагорья (район Малого БАМа) // Экология и география членистоногих Сибири. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 213-214.
16. Ильин Ф.Е., Медведева А.Н., Янышева Л.З., Лобас Э.Н. Экологический мониторинг поверхностных вод Тюменской области // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: Сб. материалов VI Международной научно-практической конференции ноябрь 2004 г. – Пенза, 2004. – С. 59-66.

Fedorova O.A, Gavrishkin A.A., Khlyzova T.A., Sivkova E.I.

ECOLOGICAL METHODS OF FIGHT WITH PREIMAGINALNY PHASES OF DEVELOPMENT OF BLOOD-SICKING MIDGES

Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology (Russia)

In the south of the Tyumen region places of a vyplood of blood-sicking midges are the Iset Rivers, Tobol, Ishim, Pyshma, Tura, Tavda and shallow small rivers and streams. Practiced in the region of construction of dams on the shallow rivers slows down a current to a minimum (0,1 m/s) and the considerable decrease of number is promoted by the preimaginalnykh of phases of development of midges. This method is one of efficient ecological methods of fight against midges.

Keywords: blood-sicking midges, preimaginalny phases of development, larva, doll, place of a vyplood, river, reservoir, flow rate of water.

UDC 579.8

THE DISTRIBUTION AND PROPERTIES OF COLD-ADAPTED BACILLUS CEREUS SENSU LATO*

M. Bartoszewicz¹, U. Czyżewska²

¹Department of Microbiology, Institute of Biology, University of Białystok, Białystok

²Department of Cytochemistry, Institute of Biology, University of Białystok, Białystok

Bacillus cereus sensu lato – это группа девяти видов близкородственных бактерий, широко распространенных в естественной среде. Огромное их значение в экологии, медицине и микробиологии питания вытекает из продуцирования спор, разнообразных токсинов, адаптации к низким температурам. При анализе 150 разновидностей из разных географических зон установлено, что присутствие психротропных бактерий и их темп размножения зависит от климатических мест их происхождения. Однако похожих зависимостей не обнаружено в отношении антибиотикоустойчивости и токсичности.

Ключевые слова: *Bacillus cereus sensu lato*, психротолерантность, токсичность, споруляция, разнообразие.

Introduction. *Bacillus cereus sensu lato* comprises at least nine distinct bacterial species with a huge ecological meaning. Among *B. cereus* group members, there are: (i) *B. cereus sensu stricto*, a food poisoning causative factor, (ii) *B. thuringiensis* used for production of transgenic plants and bioinsecticides, (iii) *B. anthracis*, an anthrax agent, (iv) *B. mycoides* and (v) *B. pseudomycoides* with atypical, rhizoidal growth, (vi) *B. weihenstephanensis* and (vii) *B. wiedmannii*, both characterized by their adaptation to grow at low temperatures, (viii) *B. toyonensis* with probiotic activities, and finally (ix) *B. cytotoxicus* which is thermotolerant and cytotoxic [1,2].

The importance of these bacteria is linked to their virulence, spore-forming ability and cold-adaptation (psychrotolerance). Pathogenic potential of the group members is an effect of toxin synthesis [1], mainly cereulide (emetic syndrome) and enterotoxins (diarrheal syndrome) [3]. Psychrotolerance, requires a specific protein named cold-shock protein (CspA) encoded by the *cspA* gene. This protein stabilizes the structure of mRNA and preserves it from forming a secondary structure, which is biologically inactive [4]. Finally, sporeforming ability results in formation of spores, which play their role in the spread of bacilli, survival in the environment, and subsequent colonization of new ecological niches [5].

The aim of this study was to assess the worldwide distribution of psychrotolerant *B. cereus sensu lato* strains and establish their properties in comparison to mesophilic reference isolates.

Materials and methods. Soil samples from undisturbed environments, collected from different locations (Finland, Norway, Poland, USA, Spain, China, Argentina, Israel, Egypt, and Brazil) were screened for the presence of *B. cereus sensu lato*. Bacteria were isolated using MYP (mannitol-egg yolk-polimyxin) selective medium (Oxoid) and enumerated as described in [1]. Psychrotolerant isolates were identified on the basis of their growth at 7°C in lysogeny broth (Oxoid) and subsequent detection of the *cspA* gene as described elsewhere [4]. Their proliferation at different temperatures was assessed on the basis of spectrophotometrical analyzes [5]. The genetic diversity of cold-adapted isolates was assessed using REP-PCR technique [6]. Finally, the resistance to selected antibiotics representing β-lactames, fluoroquinolones and macrolides was tested as described in the literature [7].

Results. The distribution of psychrotolerant bacilli was geographically diverse. The highest content of cold-adapted bacilli was found in soil coming out from Finland and Norway (Helsinki and Trondheim areas), while the samples from Israel, Egypt and Brazil (Tel Aviv, Cairo and Recife, respectively) contained 0-1,4% of psychrotolerant isolates. As shown in Figure 1, there is a strong and significant ($p=0$) correlation between average temperatures at sampling sites and the frequency of cold-adapted *B. cereus sensu lato*.

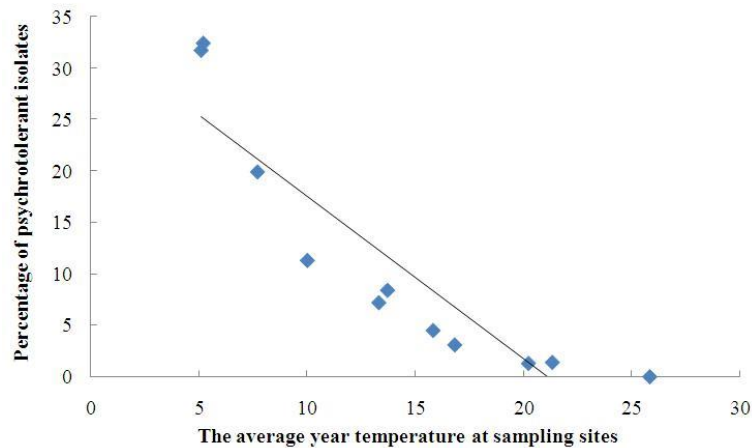


Figure 1 – The percentage of psychrotolerant *B. cereus sensu lato* strains in soil samples from areas with diverse year average temperatures

The psychrotolerant isolates were genetically diverse, however in comparison to mesophilic strains, their genetic variability was at lower rate. The percentage of unique profiles established using REP-PCR fingerprinting was ranging 19% for cold-adapted bacteria to 63% for mesophiles. Moreover, large groups of psychrotolerant bacteria (5-19 strains) usually were exhibiting identical genetic fingerprints indicating their clonality. The examination of their antibiotic resistance, that might be interesting from medical point of view, revealed common resistance to β -lactams, especially penicillin (100%), while fluoroquinolones and macrolides were effective against these bacteria. Moreover, besides fluoroquinolones, the level of resistance was higher among mesophiles, while cold-adapted *B. weihenstephanensis* and *B. mycoides* strains showed similar values, as shown in Table 1.

Table 1 – Percentage of antibiotic resistant isolates among mesophilic and psychrotolerant *B. cereus sensu lato* strains

Antibiotic	Mesophiles	<i>B. mycoides</i>	<i>B. weihenstephanensis</i>
Amoxicillin	97	83	81
Cefalexin	95	73	81
Penicillin	100	100	95
Cefoxitin	95	91	89
Ofloxacin	7	0	11
Erythromycin	15	4	7

Growth tests proved that psychrotolerant isolates proliferated faster at low temperatures. Mesophiles were unable to grow at 7°C, next at 10°C, their proliferation rate was 5-8 times lower. Next, at 15°C, psychrotrophs multiplied 3-4 times faster, depending on a particular strains. At moderate conditions, between 20 and 30°C, both groups were capable of growth at similar level. Finally at 37°, up to 5% of *B. mycoides* and 13% of *B. weihenstephanensis* were not proliferating, while the rest of strains grew significantly slower.

Among 150 tested strains, none was emetic, while enterotoxins were common. Non-hemolytic enterotoxin was present in 93-97%, hemolysin BL in 49-53%, and cytotoxin K in 39-45% of psychrotrophs and mesophiles, respectively.

Discussion. The psychrotolerance of *B. cereus sensu lato* is an old but common evolutionary feature. The need to proliferate at low temperatures, favors cold-adapted isolates in cold climate. However it may be a threat in the dairy industry, because psychrotolerant bacteria were frequently noted in different foods [1]. The differences between polymorphism level of psychrotolerant and mesophilic bacteria described widely in literature [1] and in present work may be the effects of purifying selection and lower mutation ratio during slower proliferation at low temperatures. It is

supported by the idea of polyclonal population structure and presence of distinct ecotypes or thermotypes. Soil is a heterogeneous environment, thus different adaptations could be useful there.

B. cereus sensu lato are not often linked to clinical cases, that must be treated with antibiotics, so only a few papers described their susceptibility to the therapy [7]. However, common resistance to penicillin and other β -lactams give tips for the cure of opportunistic infections and proves that *B. anthracis* is slightly different from the remaining *B. cereus sensu lato* strains. Next, similar toxicity of all tested bacteria do not correlate with their environmental swabs, but may play important role in bacterial signaling.

To sum up these facts, *B. cereus sensu lato* is a bacterial group with clearly marked division into thermotypes. The climate plays the role of strong natural selection and favors psychrotolerant isolates at cold areas. This is supported by genetic fingerprinting or MLST data [1]. In turn, toxicity and antibiotic resistance do not appear to correlate with geographical source of strains.

*The research was funded in a part by National Science Centre grant (DEC-2011/03/B/NZ8/02835) to Marek Bartoszewicz.

References

1. Bartoszewicz M., Marjanska P.S. 2017. Milk-originated *Bacillus cereus sensu lato* strains harbouring *Bacillus anthracis*-like plasmids are genetically and phenotypically diverse. Food Microbiol. DOI: 10.2016/j.fm.2017.05.009.
2. Navarrete R., Sanchis V. 2017. Evolutionary processes and environmental factors underlying the genetic diversity and lifestyles of *Bacillus cereus* group bacteria. Res. Microbiol. 168: 309-318.
3. Didelot X., Barker M., Falush D., Priest F.G. 2009. Evolution of pathogenicity in the *Bacillus cereus* group. Syst. Appl. Microbiol. 32: 81-90.
4. Lechner S., Mayr R., Francis K.P., Priss B.M., Kaplan T., Wiessner-Gunkel E., Stewart G.S., Scherer S. 1998. *Bacillus weihenstephanensis* sp. nov. is a new psychrotolerant species of the *Bacillus cereus* group. Int. J. Syst. Bacteriol. 48: 1373-1382.
5. Bartoszewicz M., Kroteń M.A., Świącicka I. 2013. Germination and proliferation of emetic *Bacillus cereus sensu lato* strains in milk. Folia Microbiol. 58: 529-535.
6. Reyes-Ramirez A., Ibarra J.E. 2005. Fingerprinting of *Bacillus thuringiensis* type strains and isolates by using *Bacillus cereus* group-specific repetitive extragenic palindromic sequence-based PCR analysis. Appl. Environ. Microbiol. 71: 1346-1355.
7. Cavallo J.D., Ramišse F., Girardet M., Vaissaire J., Mock M., Hernandez E. 2002. Antibiotic susceptibilities of 96 isolates of *Bacillus anthracis* isolated in France between 1994 and 2000. Antimicrob. Agents Chemother. 46: 2307-2309.

Bartoszewicz M.¹, Czyżewska U.²

THE DISTRIBUTION AND PROPERTIES OF COLD-ADAPTED *BACILLUS CEREUS SENSU LATO*

¹Department of Microbiology Institute of Biology, University of Białystok (Poland)

²Department of Cytobiochemistry, Institute of Biology, University of Białystok (Poland)

Bacillus cereus sensu lato is a group of nine closely related bacteria species widely distributed in the natural habitats. Their huge meaning in ecology, medicine and food microbiology is an effect of their spore forming, psychrotolerance and synthesis of different toxins. In analyzes of 150 strains from distinct geographical locations, it was established that the presence of cold-adapted isolates and their proliferation rate depends of climate zones of the strain origin. In turn there were no similar correlations in respect to the toxicity or the antibiotic resistance.

Keywords: *Bacillus cereus sensu lato*, psychrotolerance, toxicity, sporulation, diversity.

Z. Stępniewska, W. Goraj, A. Pytlak, A. Szafranek-Nakonieczna

The John Paul II Catholic University of Lublin, Lublin

В статье представлены результаты исследования биоразнообразия экстремофильных и экстремотолерантных бактерий залежей соли в Величке (Польша). Обнаруженные микроорганизмы отнесены к группам *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Actinobacteria*. Выявлены метанотрофные бактерии родов *Methylomonas*, *Methylosinus* and *Methylocaldum*.

Ключевые слова: Величка, соль, метанотрофные бактерии.

Transfer microbiological studies under the surface of the Earth to exploration of biodiversity of subsurface biosphere is important and allows exceeding the current framework of science and findings hold large implications for understanding the ultimate limits for life on Earth. Under the earth, there are many factors limiting microbial life such as low oxygen levels, water and nutrient availability. With an increase in depth, photosynthetically derived organic carbon becomes limited and hardly accessible. Extreme conditions are also associated with pressure, temperature, pH, salinity. Despite this, the deep subsurface microbial communities are very diverse, spanning all domains of life [1, 2, 3]. One of the extreme underground environments are salt mines, where it is or was carried on exploitation of salt deposits. Therefore, access to the research materials is easier. All over the globe, numerous underground salt mines are in operation. Underground rock salt mining has developed on the greatest scale in the USA and Canada. The most data on underground salt mines come from Europe (Austria, France, United Kingdom, Ukraine, Poland, Spain, Italy, Romania). Every mine is a potential habitat for valuable extremophiles. Characterizing the bacterial community composition and recognition of diversity of microorganisms may play an important role in biogeochemical carbon cycling and potential biotechnological application of these microorganisms. In recent times, development of molecular techniques has allowed identification of microorganisms existing in particularly adverse conditions and explanation of the mystery of life in these conditions. For this purpose, metagenomic analysis may be helpful. Metagenomics, is the study of diversity, phylogeny and function of all microorganisms in a natural habitat. By sequencing parts of the ribosomal DNA (16S rDNA) derived from environmental samples next generation sequencing (NGS) can create unprecedented amount sequence data permitting detailed microbial analysis [4]. In our opinion particularly interesting may be the salt mine in Wieliczka (Poland), which was included on the First International List of the World Cultural and Natural Heritage UNESCO. This salt deposits have been exploited for over 750 years in underground mines. After 1996 exploitation of salt has finished. Microbial research related to the Wieliczka Salt Mine is unique, since to our knowledge, only a few researchers have investigated the animated world of Wieliczka. The first main recognition of microorganisms in brines from Wieliczka Salt Mine was done in 1913 [5]. However, the research was limited only to brine investigations. Due to the limited access to the publications, the results of the microbial identification are still not known. Only Radax et al. reported on strain PW5. 4, originating from Wieliczka Salt Mine water [6]. Later studies about the microfauna from “Wieliczka” Salt Mine were concentrated on assemblages of foraminifers [7] and were related to recognition of novel species of amoeba - *Selenaion koniopes* [8]. Recently, two halophilic Archaea strains of *Halorhabdus rudnickae* sp. nov., were isolated from a sample taken from a borehole in the Barycz mining area belonging to the Wieliczka Salt Mine Company [9].

The aim of this study was to metagenomics analysis of microorganisms from rocks surroundings salt deposits in “Wieliczka” Salt Mine.

The research material was taken from rocks lying in the immediate vicinity of the Wieliczka Salt Mine deposits. The salt mine is located in southern Poland 13 km northeast of Krakow but the deposits extend over a length of c. a. 10 km. The research material from the surrounding rock salt deposits was diverse in terms of the depth, lithology and surrounding salt type deposits. Four samples of rocks were collected. W1 – marly claystone - blocky deposits with green salt blocks; W2 – zubers

with veins of fibrous salt and lenses of gypsum and anhydrite - layered deposits of spiza salts; W3 – siltstones and sandstone - layered deposits of spiza salts; W4 - siltstones with veins of fibrous salt and lenses of anhydrite - layered deposits of green salt; W5 – claystone with anhydrite – layered deposits of spiza salt. After surface sterilization, powder of rock to DNA isolation was obtained. Metagenomic analysis was performed on the basis of NGS by MiSeq (Illumina) technology (GENOMED S. A.). Analysis of biodiversity was performed using Shannon-Wiener diversity index.

The results confirmed the presence of microorganisms directly in environmental sample of rocks surrounding salt deposits in Wieliczka. It was found that these microorganisms belong to the phylum: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Actinobacteria*. Among the microorganisms extremophilic and extremotolerant bacteria was identified (such as: *Mycobacterium*, *Janthinobacterium*, *Bacillus*, *Halomonas*, *Rubrobacter*, *Flavisolibacter*, *Thermomonas*, *Thermodesulfovibrio* genus). Moreover we detected the presence of methanotrophic bacteria belong to the genus: *Methylomonas*, *Methylosinus* and *Methylocaldum*.

*This project was partly financed by the National Science Centre (Poland), granted on the basis of decision DEC-2014/15/N/NZ8/00315.

References

1. Beckmann, S., Krüger, M., Engelen, B., Gorbushina, A. A., and Cypionka, H. 2011. Role of bacteria, archaea and fungi involved in methane release in abandoned coal mines. *Geomicrobiol J.* 28, 347–358.
2. Bomberg, M., and Ahonen, L. 2017. Editorial: Geomicrobes: life in terrestrial deep subsurface. *Frontiers in Microbiology* 8.
3. Miettinen, H., Kietäväinen, R., Sohlberg, E., Numminen, M., Ahonen, L., and Itävaara, M. 2015. Microbiome composition and geochemical characteristics of deep subsurface high-pressure environment, Pyhäsalmi mine Finland. *Frontiers in Microbiology* 6.
4. Emerson J. B., Thomas B. C., Alvarez W., Banfield J. F. 2016. Metagenomic analysis of a high carbon dioxide subsurface microbial community populated by chemolithoautotrophs and bacteria and archaea from candidate phyla. *Environmental microbiology.* 18(6), 1686-1703.
5. Namysłowski, M. B. 1913. Über unbekannt halophile Mikroorganismen aus dem innern des Salzbergwerkes Wieliczka. *Bull Acad Sci Krakow B* 3(4), 88-104.
6. Radax, C., Gruber, G., and Stan-Lotter, H. 2001. Novel haloarchaeal 16S rRNA gene sequences from Alpine Permo-Triassic rock salt. *Extremophiles* 5, 221-228.
7. Łuczowska, E., and Rolewicz, J. 1990. Porównanie zespołów otwornicowych pokładowego i bryłowego złoża soli w Wieliczce ASGP 60(1-4), 149-168.
8. Park, J. S., de Jonckheere, J. F., and Simpson, A. G. B. 2012. Characterization of *Selenion koniopes* n. gen., n. sp., an Amoeba that Represents a New Major Lineage within Heterolobosea, Isolated from the Wieliczka Salt Mine. *J. Eukaryot Microbiol* 59(6), 601–613.
9. Albuquerque, L., Kowalewicz-Kulbat, M., Drzewiecka, D., Stączek, P., d’Auria, G., Rosselló-Móra, R., and DaCosta, M. S. 2016. *Halorhabdus rudnickae* sp. nov., a halophilic archaeon isolated from a salt mine borehole in Poland. *Systematic and applied microbiology* 39(2), 100-105.

Stępniewska Z., Goraj W., Pytlak A., Szafranek-Nakonieczna A.
ANALYSIS OF WIELICZKA SALT MINE MICROBIAL COMMUNITY
The John Paul II Catholic University of Lublin (Poland)

The results confirmed the presence of microorganisms directly in environmental sample of rocks surrounding salt deposits in Wieliczka. It was found that these microorganisms belong to the phylum: *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Actinobacteria*. Among the microorganisms extremophilic and extremotolerant bacteria was identified (such as: *Mycobacterium*, *Janthinobacterium*, *Bacillus*, *Halomonas*, *Rubrobacter*, *Flavisolibacter*, *Thermomonas*, *Thermodesulfovibrio* genus). Moreover we detected the presence of methanotrophic bacteria belong to the genus: *Methylomonas*, *Methylosinus* and *Methylocaldum*.

Keywords: Wieliczka, salt, methanotrophic bacteria.

ENVIRONMENTAL AND BIOTECHNOLOGICAL ROLE OF THE METHANOTROPHIC BACTERIA**Z. Stępniewska, A. Pytlak, A. Szafranek-Nakonieczna, W. Goraj, A. Wolińska, A. Kuźniar, A. Banach, A. Kubaczyński***The John Paul II Catholic University of Lublin, Lublin*

Представлены результаты, характеризующие влияние различных условий окружающей среды на физико-химические свойства и рост метанотрофных бактерий.

Ключевые слова: метанотрофные бактерии, pH, редокс-потенциал.

Aerobic methanotrophic bacteria (MB) comprise one of the most important elements of the global carbon cycle [1]. This unique group of *Proteobacteria* utilizes methane at various levels, from atmospheric concentrations to several percentages, using molecular oxygen [2]. The MB are found both in terrestrial and subsurface environments. Physiological flexibility enables numerous aerobic methanotrophs to survive in extreme or unstable environmental conditions. Many methanotrophic species are microaerophilic and live in the interstitial zone between oxic and anoxic waters or sediments where changes in temperature or water table determine availability of electron acceptors and CH₄ [3]. Their presence was also confirmed in deep subsurface habitats such as coal and salt deposits [4-6]. However, the scope of knowledge available on geochemical controls of methane oxidation and microbial diversity of the MB is still insufficient. Our research addresses this dearth of research. Here we present results characterizing samples from various environments with respect to physical and chemical properties being crucial for the growth of MB such as availability of basic micro- and macroelements, pH and redox potential. Further studies were performed to determine identity of the MB and their biotechnological potential for production of industrially important substances [7].

References

1. Hanson, R.S., Hanson, T.E., 1996. Methanotrophic bacteria / *Microbiological Reviews* 60, 439–471
2. Bull, I. D., N. R. Parekh, G. H. Hall, P. Ineson, and R. P. Evershed. 2000. Detection and classification of atmospheric methane oxidizing bacteria in soil. *Nature* 405:175-178.
3. Limpens, J., Berendse, F., Blodau, C., Canadell, J., Freeman, C., Holden, J., Roulet, N., Rydin, H., Schaepman-Strub, G., 2008. Peatlands and the carbon cycle: from local processes to global implications - a synthesis. *Biogeosciences* 5, 1475-1491, doi: 10.5194/bg-5-1379-2008.
4. Stępniewska, Z., Pytlak, A., Kuźniar, A., 2013. Methanotrophic activity in Carboniferous coalbed rocks. *International Journal of Coal Geology* 106, 1-10
5. Pytlak A., Stępniewska Z., Kuźniar A., Szafranek-Nakonieczna A., Wolińska A., Banach A., 2014. Potential for Aerobic Methane Oxidation in Carboniferous Coal Measures. *Geomicrobiology Journal* 31, 737-747.
6. Stępniewska Z., Goraj W., Wolińska A., Szafranek-Nakonieczna A., Banach A., Górski A., Methanotrophic Activity Of Rocks Surrounding Badenian Salts in The “Wieliczka” Salt Mine, *Carpathian Journal Of Earth And Environmental Sciences* (In Press)
7. Stępniewska Z., Goraj W., Kuźniar A., Pytlak A., Ciepelski., Frączek P., 2014. Biosynthesis of Ectoine by the Methanotrophic Bacterial Consortium Isolated from Bogdanka Coalmine (Poland). *Applied Biochemistry and Microbiology* 50(6), 594-600.

Stępniewska Z., Pytlak A., Szafranek-Nakonieczna A., Goraj W., Wolińska A.,
Kuźniar A., Banach A., Kubaczyński A.

ENVIRONMENTAL AND BIOTECHNOLOGICAL ROLE OF THE METHANOTROPHIC BACTERIA

The John Paul II Catholic University of Lublin (Poland)

Here we present results characterizing samples from various environments with respect to physical and chemical properties being crucial for the growth of MB such as availability of basic micro- and macroelements, pH and redox potential. Further studies were performed to determine identity of the MB and their biotechnological potential for production of industrially important substances.

Keywords: methanotrophic bacteria, pH and redox potential.

METHANOGENIC POTENTIAL OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM VARIOUS ENVIRONMENTS*

**A. Szafranek-Nakonieczna, A. Pytlak, W. Goraj, A. Górski, N. Łopacka, A Kubaczyński,
K. Proc, E. Głąb, M. Hunicz, Z. Stępniewska**

The John Paul II Catholic University of Lublin, Lublin

Цель данной работы состояла в том, чтобы исследовать возможность культивирования и метаногенного потенциала консорциумов, происходящих из различных условий (торфяная почва, гиття, озерные отложения) и указать оптимальные условия для этого процесса. В качестве потенциального источника микроорганизмов наиболее активные метаногенные почвенные материалы из профиля переходного торфа (Национальный парк Полесский) и донных отложений из искусственного эвтрофического озера, возникшего в результате добычи угля.

Ключевые слова: метаногенез, *Clostridium* sp., *Bacteroides* spp., *Acetobacterium* sp.

Methanogenesis is a natural, anaerobic process consisting in the formation of methane (CH₄) from simple organic compounds such as acetates, alcohols or CO₂ and H₂. The most beneficial reaction is CO₂ reduction by H₂., therefore majority of the methanogens (c.a. 2/3 of total number species) employ the hydrogenotrophic pathway for methane production. Other methanogenic pathways deliver much less energy but are also of great environmental importance. The process is carried out by a specialized domain of *Archaea*, called methanogens and accompanying bacteria (e.g. *Clostridium* sp., *Bacteroides* spp., *Acetobacterium* sp.) responsible for the decomposition of complex organic compounds into simpler substrates uses by methanogens [4]. All methanogens require strict anoxic conditions and a relatively low redox potential for growth. Due to numerous limitations, and necessity to grow in a synergistic relationship with other microorganisms, the methanogens are usually hard to be grown in artificial cultures [1, 4, 5]. Conditions occurring in many natural environments (e.g. peat, gyttja, lake sediments) promote activity of microorganisms producing methane (CH₄), one of the major greenhouse gases. On the other hand, CH₄ is also a valuable energy source, very interesting in context of the increase of global energy requirement and the rapid increase in energy consumption in the developing world. World energy consumption is projected to increase by 45% from 2006 to 2030 [3]. Due to that, methane-producing consortia are potentially biotechnologically useful.

The purpose of this work was to investigate the possibility to culture and methanogenic potential of consortia derived from various environment (peat soil, gyttja, lake sediments) and indicate the optimal conditions for that process. As the potential source of microorganisms, the most active methanogenic soil materials from the profile of transitional peat (Poleski National Park, 30-45 cm for peat and 140-200 cm for gyttja) and bottom sediment from the artificial eutrophic lake created in the lowering ground (as a result of coal mining). Both objects were localized in the Lublin Region (East Poland).

The incubation were carried out in dark, tightly closed bottles (in triplicate, 120cm³), in anaerobic atmosphere (N₂, AirProducts). In the first step natural material and in the steps 2-4 media inoculated by material form precious steps for each stage, were incubated. All incubation were prepared in anaerobic conditions (N₂, glovebox chamber, Labconco, USA). The basic mineral medium enrichment in trace elements and vitamins were prepared according to Horn et al. 2003 which slight modification. As a carbon sources set of following combinations with basic mineral medium

(H) were tested: gaseous substrates H₂ and CO₂ (H H₂/CO₂); acetate (H acet); yeast extract and tryptone (H +); yeast extract, tryptone, H₂ and CO₂ (H+H₂/CO₂); yeast extract and sodium acetate (H + acet).

Methanogenic activity (MA) was determined using a gas chromatograph (GC 3800, Varian, USA) equipped with thermal conductivity (TCD) and flame ionization detectors (FID) and a set of columns (PoraPLOT Q and CP-Molsieve 5A, Agilent) [6] as express as μM of produced CH₄ converted on dry mass (for investigated materials) and volume for medium culture and in time units ($\mu\text{M l}^{-1} \text{d}^{-1}$ or $\mu\text{M kg d.m.}^{-1} \text{d}^{-1}$). Designated MAs material reached 2257 and 1524 in peat and gytjtja respectively and $156 \mu\text{M kg d.m.}^{-1} \text{d}^{-1}$ in bottom sediment. At mineral media the highest MA (stage 4), reached $800 \mu\text{M l}^{-1} \text{d}^{-1}$ in bottom sediment enrichment were found at conditions: 30°C, H+H₂/CO₂ medium. Among tested inoculates differentiation in preferred cultivation conditions were observed.

The research confirms susceptibility for culturing the methanogenic consortia comes from various environment in laboratory conditions and the possibility of their biotechnological use.

*The work was financed by the National Science Centre (Poland), research project No. 2015/17/B/NZ9/01662

Reference

1. Han W., Hai L., Yingbo D., Mengqi S., Yangzi L., 2012. Experiments on the gas production of brown coal degraded by exogenous methanogens. *Petrplrum Exploration and Development*, 39(6), 813-817.
2. Horn M. A., Matthies C., Kusel K., Schramm A., Drake H. L., 2003. Hydrogenotrophic methanogenesis by moderately acid-tolerant methanogens of a methane-emitting acidic peat. *Appl Environ Microbiol*, 69(1): 74–83.
3. International Energy Agency, 2008. World energy outlook. <http://www.iea.org/work/2008/cop/WEO.pdf> (last access 2012.09.07)
4. Jones E. J. P., Voytek M. A., Warwick P.D., Corum M. D., Cohn A., Bunnell J. E., Clark A. C., Orem W. H. 2008. Bioassay for estimating the biogenic methane-generating potential of coal samples, *International Journal of Coal Geology*, 76, 138-150.
5. Jones E. J. P., Voytek M. A., Corum M. D., Orem W. H., 2010. Stimulation of methane generation from nonproductive Coal by addition of nutrients or a microbial consortia, *Applied of Environmental Microbiology*, 76(21), 7013-7022.
6. Szafranek-Nakoniczna A., Stępniewska Z., 2015. The influence of the aeration status (ODR, Eh) of peat soils on their ability to produce methane, *Wetland Ecology and Management*, 23, 665–676.

Szafranek-Nakoniczna A., Pytlak A., Goraj W., Górski A., Łopaacka N., Kubaczyński A, Proc K., Głąb E., Hunicz M., Stępniewska Z.

METHANOGENIC POTENTIAL OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM VARIOUS ENVIRONMENTS*

The John Paul II Catholic University of Lublin (Poland)

The purpose of this work was to investigate the possibility to culture and methanogenic potential of consortia derived from various environment (peat soil, gytjtja, lake sediments) and indicate the optimal conditions for that process. As the potential source of microorganisms, the most active methanogenic soil materials from the profile of transitional peat (Poleski National Park, 30-45 cm for peat and 140-200 cm for gytjtja) and bottom sediment from the artificial eutrophic lake created in the lowering ground (as a result of coal mining).

Keywords: methanogenesis, *Clostridium* sp., *Bacteroides* spp., *Acetobacterium* sp.

COMPARISON OF ACTIVITY AND KINETIC PROPERTIES OF THE LACTATE DEHYDROGENASE FROM WILD AND DOMESTIC DUCK IN THE ADAPTATIVE ASPECT

A. Zambrzycka, U. Czyżewska, M. Siemieniuk, A. Tylicki

Department of Cytochemistry, Institute of Biology, University of Białystok

Исследованы активность и кинетические свойства лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в грудной мышце, сердце и печени диких и домашних уток. Не отмечено каких-либо различий кинетических свойств ЛДГ. Активность ЛДГ (восстановление пирувата) в грудной мышце диких уток была выше, чем у домашних. Результаты же полученные для печени были притивоположные. Наблюдаемые различия активности ЛДГ могут быть связаны с

Keywords: *Anas platyrhynchos*, habitat, pectoralis muscle, liver, heart.

Introduction. One of the main metabolic enzymes which is necessary for the proper functioning of the organism is lactate dehydrogenase (LDH, EC.1.1.1.27). Due to its very important participation in bioenergetic process in the cell, LDH is an interesting object of many researches. Properties of this enzyme are well-known. It facilitates the understanding of LDH importance for different organisms, depending on a number of variable factors such as habitat, conditions and food availability [1]. LDH is an enzyme belonging to the class of oxidoreductases, which catalyzes the reversible conversion of pyruvate to lactate with the simultaneous oxidation/reduction of NADH/NAD⁺ [2, 3]. In the initial phase of physical effort, the release of lactate from the working muscles contributes to increasing its concentration in blood, while during increased effort, the lactate concentration increases only slightly [4]. The release of pyruvate during the transition of muscles from the state of rest to the state of increased activity is associated with increased rate of glycolysis and glycogenolysis. The glycolysis rate is dependent on LDH activity, especially in the conditions of temporary hypoxia. The interesting question is whether different living conditions of the same or related species may contribute to the changes of LDH properties in the aspect of adaptation. In this regard, activity and kinetic properties of LDH from rabbit and hare [5] as well as carp and trout [6] have been compared. The aim of this study was to compare the activity and kinetic properties of LDH isolated from tissues of ducks (wild duck versus domestic duck) living in different environments and leading different lifestyle [7].

Material and methods. For this purpose, pectoralis muscles, hearts and livers isolated from 6 wild and 6 domestic ducks were used. All tissues were homogenized with a 5-fold volume of 150mM KCl. In obtained supernatants the activity and kinetic properties of LDH were determined by spectrophotometric method in reaction mixture containing towards pyruvate reduction: 50 mM buffer Tris-HCl (pH = 7,6), 0,1 mM NADH, 1 mM pyruvate and in the direction of lactate oxidation: 50 mM glycine buffer (pH = 9,2), 1 mM NAD⁺, 10 mM lactate. Kinetic properties were established using following concentrations: pyruvate ranging from 0,02 to 1 mM and lactate from 0,1 to 15 mM. The concentrations of protein in homogenates were determined by the Lowry method [8, 9]. The obtained results were presented in the form of mean values with a standard deviation (SD) and were subjected to statistical analysis using Mann-Whitney U test.

Results and Discussion. The LDH activities, in the direction of the reduction of pyruvate and the lactate oxidation in the liver of the domestic duck compared to the wild duck were 2-fold higher (Table 1). Obtained data may reflect different environmental conditions of lifestyle of both groups of ducks. Another situation is in the pectoralis muscle, where the activity of the tested enzyme was 3-fold higher in the wild duck in comparison to the domestic duck in the direction of pyruvate reduction.

This convincingly demonstrates that wild duck muscle is able to secure bioenergetic power supply in an anaerobic glycolysis mode using LDH activity as a source of NAD⁺ supply. This is essential for the escape from danger of the wild birds. Moreover, bioenergetics metabolism of the muscle during a long or violent flight should be ready to use also anaerobic processes to protect the demand on ATP. Domestic ducks which do not need to be as active as wild ones may have not such well-developed alternative pathways for ATP generation in muscle. On the other hand, enhanced LDH activity in the liver of domestic duck may be related with better food supply and related higher requirements for liver metabolites associated with digestion process.

Table 1 – Comparison of activity and kinetic properties of lactate dehydrogenase (LDH) (mean ± SD)

Tested material	Activity of LDH (U/g of tissue)		Kinetic properties of LDH [mM]		
			Km	S _{0,5}	
	pyruvate reduction	lactate oxydation	pyruvate reduction	lactate oxydation	
pectoralis muscle	domestic duck	306,98 ± 84,58	55,00 ± 5,51	0,13 ± 0,03	4,78 ± 1,3
	wild duck	942,40* ± 470,34	54,10 ± 7,46	0,21 ± 0,19	4,86 ± 1,22
heart	domestic duck	379,82 ± 120,25	77,66 ± 6,96	0,06 ± 0,03	2,94 ± 1,77
	wild duck	283,28 ± 138,25	28,79* ± 7,41	0,07 ± 0,05	3,29 ± 1,31
liver	domestic duck	264,78 ± 79,76	59,47 ± 17,41	0,11 ± 0,11	4,60 ± 2,04
	wild duck	115,90* ± 39,87	27,25* ± 6,41	0,12 ± 0,06	4,96 ± 1,60

* statistically significant differences in comparison to domestic duck, Mann-Whitney U test, p<0,05

We did not show any differences between kinetic properties of lactate dehydrogenase from domestic and wild ducks (Table 1). Therefore, it could be suggested that there is no qualitative differences in the properties of LDH. Similar results were obtained during comparison of the LDH properties for birds such as crow, hen, and pigeon [10]. Actually, there is no reason to believe that observed differences of LDH activities in compared species of birds were due to higher catalytic efficiency because no significant differences in the basic kinetic were found. There was only a correlation observed in both birds in which the Km of LDH for pyruvate from heart was lower in comparison to the enzyme from pectoralis muscle and liver.

It can be concluded that LDH, depending on the living conditions of organism could be able to modulate metabolism and contribute to the adaptation of ducks to different habitats at the level of gene expression and associated amount of protein in tissue.

Conclusion.

1. In the pectoralis muscle of the wild duck 3-fold higher activity of LDH was found, which may indicate the better adaptation to hypoxia compared to the muscle of the domestic duck.
2. In the liver of the domestic duck, the LDH activity was higher than in the wild duck. It can

be caused by dietary differences and the lifestyle of compared birds.

3. The LDH from the heart of both groups of birds exhibits significantly lower K_m value for pyruvate, when compared to LDH from breast muscles and liver, indicating a higher affinity of heart isoenzyme to the substrate.

4. The kinetics parameters of the LDH reaction were similar in both compared groups, which may indicate the adaptation process based on quantitative differences in the enzyme amount more than qualitative changes of the enzyme properties.

References

1. Hinz H. J., Schmidt R., Scheurmann W., Jaenicke R. 1977. Thermodynamic Studies of Binary and Ternary Complexes of Pig-Skeletal-Muscle Lactate Dehydrogenase, *Eur. J. Biochem.* 80: 543-550.
2. Wang D., Wie L., Wie D., Rao X., Qi X., Wang X., & Ma B. 2013. Testis-specific lactate dehydrogenase is expressed in somatic tissues of plateau pikas, *FEBS Open Bio* 3: 118–123.
3. Valvona C. J., Fillmore H. L., Nunn P. B., & Pilkington G. J. 2015. The Regulation and Function of Lactate Dehydrogenase A: Therapeutic Potential in Brain Tumor, *Brain Pathology* ISSN: 1015-6305.
4. Brooks G. A., Dubouchaud H., Brown M., Sicurello J. P., Butz C. E. 1999. Role of mitochondrial lactate dehydrogenase and lactate oxidation in the intracellular lactate shuttle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(3): 1129-1134.
5. Strumiło S., Czerniecki J. 1996. Comparison of isoenzyme composition and kinetic properties of lactate dehydrogenase from Rabbit and hare he arts. *Biochem. Arch.* 12: 85-88.
6. Tylicki A., Masztaleruk D., Strumiło S. 2006. Differences In some properties of lactate dehydrogenase from muscles of the carp *Cyprinus carpio* and trout *Salmo gairdneri*. *J. Evol. Biochem. Physiol.* 42: 143-147.
7. van Hall G. 2010. Lactate kinetics in human tissues at rest and during exercise, *ActaPhysiol*, Volume 199, Issue 4, 499–508.
8. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., & Randall R. J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193(1): 265-275.
9. Witwicki J., Ardelt W., 1989. *Elementy enzymologii*. PWN. Warszawa.
10. Prabhakaram M., Kaur J., Agarwal S., Agarwal A., Singh S. M., & Singh S. N. 1987. Properties of purified lactate dehydrogenase (LDH) from the breast muscles of different birds adapted to various habitats. *Current Science*: 476-479.

Zambrzycka A., Czyżewska U., Siemieniuk M., Tylicki A.

COMPARISON OF ACTIVITY AND KINETIC PROPERTIES OF THE LACTATE DEHYDROGENASE FROM WILD AND DOMESTIC DUCK IN THE ADAPTATIVE ASPECT

Department of Cytobiochemistry, Institute of Biology, University of Białystok (Poland)

The activity and kinetic properties of lactate dehydrogenase (LDH) in the pectoralis muscle, heart and liver of wild and domestic duck have been studied. We did not notice any changes in the kinetic properties of LDH. The activity of LDH (pyruvate reduction) in the wild ducks pectoralis muscle was higher than domestic ducks. In contrast the results obtained for the liver were opposite. Observed differences in the LDH activity may be related to adaptation for temporary hypoxia through quantitative differences in the amount of enzyme.

Keywords: *Anas platyrhynchos*, habitat, pectoralis muscle, liver, heart.

ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ТЕЛА СТУДЕНТОВ С НОРМАЛЬНОЙ И ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

С.С. Ануфрик¹, Л.П. Лосева¹, С.В. Анучин¹, Н.З. Башун¹, А.В. Чекель¹, А.Г. Мойсеенок²,
Н.О. Качинская¹

¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

²Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси, Гродно

Данные полученные в ходе наблюдений за студентами с нормальной и избыточной массой тела и оцененные методом рентгено-флуоресцентного анализа, показали общую для всех закономерность: в 95 % случаях имеет место нарушение цинк/медного обмена.

Ключевые слова: биоэлементный статус, студенты, индекс массы тела, избыточная масса тела.

Введение. По данным российских авторов, за годы обучения в ВУЗе число здоровых студентов уменьшается на 25,9 %, а хронически больных увеличивается на 20 % [1, 3, 5]. Таким образом, за время обучения в вузе одна пятая часть студентов переходит из категории относительно здоровых в категорию страдающих хроническими заболеваниями. Именно эти студенты плохо адаптируются к учебной деятельности, которая предполагает необходимость усвоения больших объемов информации в условиях дефицита времени, гипокинезии, неполноценного питания, конфликтных ситуаций, что, в конечном счете, сопровождается у них патологическими изменениями основных функциональных систем организма. В последнее время все больший интерес наряду с исследованиями крови, плазмы крови, представляет исследование волос, слюны, мочи для выявления обеспеченности микро и макроэлементами организма. Правомерность и эффективность использования волос в анализе эколого-токсикологических корреляций доказана результатами нескольких международных программ, выполненных под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) [1–6]. Во многих отношениях волосы являются благоприятным материалом для такого рода исследований и имеют ряд преимуществ: проба может быть получена без травмирования студента, для хранения материала не требуется специального оборудования, волосы сохраняются без ограничения во времени, информация при спектральном анализе получается в течение 30–40 мин.

Цель данного исследования – осуществление сопоставительного анализа микроэлементного статуса у студентов высшей школы как возможных факторов риска нарушений обмена веществ, приводящих к избыточной массе тела и ожирению.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования явились 66 студентов Учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», от каждого из которых было получено письменное согласия на отбор волос для проведения исследований.

Проведена оценка антропометрических показателей тела студентов (рост, вес, окружность талии, окружность бедер) и анализ микроэлементного состава волос с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора СЕР-01 «ElvaX» [7] согласно утвержденной методике МВИ.МН 3730-2011; исследованные студенты классифицированы на группы с оптимальным, избыточным и недостаточным микроэлементным статусом [8]. Референтные нормы микроэлементов составляют соответственно: Ca 550–1700 мкг/г, Zn 120–200 мкг/г, K 70–30 мкг/г, I 0,4–4,0 мкг/г, Fe 10–30 мкг/г, Cu 9–30 мкг/г, Se 0,3–1,2 мкг/г, Mn 0,5–2,0 мкг/г, Cr 0,5–5,0 мкг/г, S 21000–49000 мкг/г, Br 2,0–12 мкг/г, Cl 60–560 мкг/г, Co 0–2 мкг/г, Ag 0–2 мкг/г, V 0–1 мкг/г, Ni 0–3,5 мкг/г, Rb 0–2 мкг/г, Mo 0–3 мкг/г, Sr 0–3 мкг/г, Ti 0–4,4 мкг/г, Ba 0–5 мкг/г,

Pb 0–5 мкг/г, As 0–2 мкг/г, Hg 0–2 мкг/г, Cd 0–1 мкг/г, Sb 0–1,6 мкг/г, Zn 0–2 мкг/г, Sn 0–3 мкг/г [6].

Полученные данные обработаны на персональном компьютере, с помощью статистического пакета «Statistica for Windows» 6.0, Excel 2003 и учебно-методических рекомендаций по основным возможностям статистического пакета «Statistica for Windows» и прикладных программ [8].

Результаты и их обсуждение. Исследованные студенты классифицированы на группы с нормальной (50 человек – Группа 1– ИМТ=18–24,9) и избыточной (16 человек – Группа 2 – ИМТ>25) массой тела [9–11].

Для большинства обследованных (около 75,8 % обследованных – Группа 1) характерен ИМТ в пределах физиологической нормы, однако избыточная масса отмечается 24,2 % обследованных студентов.

Оценка состояния биоэлементного статуса показала, что в организме студентов 1 группы: 86 % имели высокое содержание кальция в волосах, которое превышало референтные значения в 2–2,5 раза; 60 % имели высокое содержание цинка, которое превышало в 1,5–2 раза референтные значения; 40 % имели низкое содержание калия, которое в 1,5 раза ниже референтного значения; 14 % имели высокое содержание свинца, которое превышало в 1,5–2 раза референтные значения; 30 % имели высокое содержание железа, которое превышало 1,5–2 раза референтные значения. Результаты спектрального анализа волос (микроэлементный состав волос) по 6 биоэлементам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественное содержание биоэлементов в группе 1 по отношению к референтным значениям, мкг/г

Показатели	Биоэлементы					Cu
	Ca	Zn	K	Fe	Pb	
	Референтные значения					
	550–1700	120–200	70–170	10–30	0–5	9-30
М±SD	2844,66±1114,14	284,58±139,37	94,44±47,36	28,92±14,94	3,25±1,74	49,76±36,18
Минимум	244,93	76,08	30,25	7,71	0,00	10,60
Перцентиль 5 %	421,38	130,620	36,00	8,94	0,00	12,51
Перцентиль 10 %	524,71	138,82	40,44	11,48	0,41	13,92
Перцентиль 25 %	2102,79	164,21	50,22	16,84	1,79	17,71
Медиана	2991,83	214,44	74,96	22,98	3,02	32,10
Перцентиль 75 %	3769,21	308,02	114,26	30,34	4,02	55,78
Перцентиль 90 %	4339,30	503,79	150,26	59,50	5,14	79,72
Перцентиль 95 %	5327,38	659,84	227,82	78,45	6,77	138,03
Максимум	6260,03	1099,5	348,45	87,99	15,98	316,29
	n=50					

Рассчитанное соотношение Ca/K по медиане составило 40, в то время, как референтное значение до 5. Отмечается значительное отклонение в кальций-калиевом обмене. Как известно, коэффициент Ca/K предлагается использовать для оценки активности кальций регулирующих гормонов как биоэлементное выражение их эффекта. Увеличение его значения, в данном случае в 8 раз, могут указывать на нарушение гормональной активности эндокринных желез, регулирующих обмен кальция. Рассчитанное соотношение Zn/Cu по медиане составило 7, при референтном значении 8.

Результаты спектрального анализа волос (биоэлементный состав волос) в группе 2 по 6 основным биоэлементам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количественное содержание биоэлементов в группе 2 по отношению к референтным значениям, мкг/г

Показатели	Биоэлементы					
	Ca	Zn	K	Fe	Pb	Cu
	Референтные значения					
	550–1700	120–200	70–170	10–30	0–5	9-30
М±SD	1723,93±1200,99	301,66±100,54	141,86±94,81	28,76±7,54	0,47±0,42	32,15±18,48
Минимум	208,08	101,86	35,07	15,25	0,00	9,30
Перцентиль 5 %	269,73	115,65	43,11	16,88	0,00	12,84
Перцентиль 10 %	305,01	127,90	49,42	18,22	0,00	14,75
Перцентиль 25 %	675,18	153,10	64,51	21,86	0,00	16,76
Медиана	1235,66	174,62	79,39	26,97	0,34	23,65
Перцентиль 75 %	2960,90	279,88	204,72	35,66	0,91	28,46
Перцентиль 90 %	3626,75	552,88	324,23	40,02	1,16	32,44
Перцентиль 95 %	3990,35	840,01	362,02	41,76	1,21	77,90
Максимум	4298,81	1274,15	386,49	42,29	1,22	159,93
	n=16					

Рассчитанное соотношение Ca/K по медиане составило 15, в то время, как референтное значение до 5. Отмечается значительное отклонение в кальций-калиевом обмене. Увеличение его значения, в данном случае в 3 раз, могут указывать на нарушение гормональной активности эндокринных желез, регулирующих обмен кальция. Рассчитанное соотношение Zn/Cu по медиане составило 7, при референтном значении 8. Несмотря на это, в отдельных случаях имеет место дефицит цинка при содержании меди в пределах нормальной величины.

По спектральному анализу волос (биоэлементному составу волос) каждого из 16 студентов с избыточной массой тела составлен протокол, дано предварительное заключение согласно существующим рекомендациям.

В целом по Группе 2 в результате проведенных наблюдений выявлен дисбаланс концентрации микро- и макроэлементов в организме студентов: 38 % студентов имели высокое содержание кальция в волосах, которое превышало референтные значения в 2–2,5 раза; 31 % студентов женского пола имели высокое содержание цинка, которое превышало в 1,5–2 раза референтные значения; 31 % студентов имели низкое содержание калия, которое в 1,5 раза ниже референтного значения; 13 % студентов имели высокое содержание свинца, которое превышало в 1,5–2 раза референтные значения; 56 % студентов имели высокое содержание железа, которое превышало 1,5–2 раза референтные значения.

В обеих группах наблюдения имело место значительное нарушение кальций/калиевого баланса, в 3-8 раз. Коэффициент Ca/K предлагается использовать для оценки активности кальций регулирующих гормонов как микроэлементное выражение их эффекта. Рассчитанное соотношение Zn/Cu составило 7, при референтном значении 8 и в обеих группах было одинаковое.

Можно предположить, что дисбаланс биоэлементов связан с особенностями места проживания (крупный мегаполис с промышленными предприятиями), а также с рационом питания и возможности потребления с пищей и водой неблагоприятных микроэлементов.

Таким образом, по содержанию основных биоэлементов в волосах в группе обследованных студентов выявлены преимущественное состояние избыточного накопления Zn и Cu, что отражает характерные региональные особенности. Соотношение баланса Zn и Cu оказалось нарушенным в 95 % случаев, достигающее отклонений от референтной величины до 37 % обследуемых.

На основании оценки биоэлементного статуса группы студентов с избыточной массой тела (Группа 2) установлено по данным рентгено-флуоресцентного анализа волос, что 31–38 % обследованных характеризуются высоким уровнем кальция и цинка, а 56% обследованных – высоким содержанием железа. У 31 % обследованных выявлено низкое содержание калия (в 1,5 раза ниже референтной величины). Приведенные данные свидетельствуют о наличии дисбаланса биоэлементов у лиц молодого возраста, вероятно в связи с особенностями питания и окружающей среды. Исследования являются предварительными и требуют более детальной статистической обработки.

Работа выполнена в рамках задания 1.07 ГПНИ «Фундаментальные и прикладные науки – медицине», 2016–2020 гг.

Список использованных источников

1. Казин, Э.М. Комплексный подход к оценке функциональных состояний человека / Э.М. Казин, Е.А. Анисова, А.Р. Галлеев и др. // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 2. – С. 112–121.
2. Лосева, И.В. Краткая характеристика и методика развития основных физических качеств: методические рекомендации для студентов гуманитарных вузов / И.В. Лосева, Г.Ю. Голубев, И.А. Герасимова, А.В. Пудов. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2002. – 28 с.
3. Медик, В.А. Университетское студенчество: образ жизни и здоровье / В.А. Медик, А.М. Осипов. – М.: Логос, 2003. – 200 с.
4. Меерсон, Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. – М.: МГУ, 1988. – 128 с.
5. Трефилов, В.А. Формирование физической готовности выпускников вуза к профессиональной деятельности / В.А. Трефилов, А.В. Дубровский // Теория и практика физической культуры. – 2002. – №7. – С. 49–50.
6. Лосева, Л.П. Изучение особенности формирования микроэлементного статуса организма студентов в условиях повышенной физической нагрузки. Меры коррекции / Л.П. Лосева, В.А. Максимович, С.С. Ануфрик, С.К. Городилин, С.Н. Анучин // [Информационный ресурс]. Регистрационное свидетельство № 4341303346 от 20.03.2013 г.
7. ТУ У 33.213671189-001:2008. Спектрометр энергий рентгеновского излучения СЕР-01. – Государственный реестр средств измерений Украины, регистрационный № 44726-10 от 06.07.2010 г.
8. Чайковская, Н.А. Биометрия. В 2 ч. Ч.2 / Н.А. Чайковская. – Гродно: ГрГУ, 2012. – 63 с.
9. Аношкина, Н.Л. Оценка физического развития, фактического питания и пищевого статуса у лиц юношеского возраста: диссертация...14.0007. – Липецк. – 2005. – 148 с.
10. Баранова, О.В. Роль социально-гигиенических факторов в нарушении макро- и микроэлементарного статуса у студентов // Вестник ОГУ №12. – 2006. – С. 31–33.
11. Семенова, Е.И. Состояние фактического питания спортсменов Чурапчинского государственного института физической культуры и спорта (ЧГИФКиС) / Е.И. Семенова, С.С. Сосина // Сибирский медицинский журнал. – 2007. – Приложение к №2. – С. 65–67.

Anufrik S.S.¹, Loseva L.P.¹, Anuchin S.V.¹, Bashun N.Z.¹, Gurinovich V.A.², Chekel AV¹,
Moiseenok A.G.², Kachinskaya N.O.¹

PECULIARITIES OF BIOELEMENT STATUS OF STUDENT YOUTH WITH NORMAL AND EXCESS MASS OF BODY

¹Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

²Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds, NAS of Belarus (Belarus)

The data obtained in the course of observations of students with normal and excessive body weight and estimated by X-ray fluorescence analysis showed a common pattern for all: in 95% of cases there is a violation of zinc / copper metabolism.

Keywords: bioelement status, students, body mass index, overweight.

НЕИНВАЗИВНАЯ ОЦЕНКА МИКРОНУТРИЕНТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ У СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ПСИХО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

Н.З. Башун¹, Т.В. Гижук¹, В.А. Гуринович², И.С. Хвесько², Д.А. Горева²,
Н.А. Филипович², Е.П. Лукиенко², Ю.З. Максимчик², В.А. Максимович¹,
А.Г. Мойсеёнок²

¹Гродненский государственный университет им. Я.Купалы, Гродно

²Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси, Гродно

У студентов дневной формы обучения выявлены различные степени тревожности и, у части обследованных, субдепрессия. Установлены различия в уровне экскреции J, Se, Ca, P, аскорбиновой кислоты и 1-метилникотинамида, свидетельствующие о дисбалансе показателей микронутриентного статуса.

Ключевые слова: неинвазивный анализ микронутриентов, психо-эмоциональный статус, студенты высшей школы.

В современной геохимической экологии человека ключевое значение принадлежит оценке макро- и микроэлементного обмена веществ предопределенного состоянием пищевых цепей, в т.ч. обнаружению локальных микроэлементозов. Последние характерны для гродненского региона (геохимическая провинция по йоду и селену) и могут оказывать определенное влияние на физическое развитие, возникновение факторов риска патологий и изменений психо-эмоционального состояния молодежи и взрослых людей [1].

Анкетное исследование проводилось на выборке студентов УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы». В процессе первичной обработки данных часть анкет исключена по причине ненадлежащего заполнения опросных бланков. Окончательная численность выборки составила 100 студентов. Выборка испытуемых гетерогенна по социально-демографическим признакам, уровню успеваемости и профессиональной направленности и включала студентов факультета биологии и экологии (50 студентов) и факультета физической культуры (50 студентов).

Испытуемые принимали участие в исследовании на добровольной безвозмездной основе на условиях конфиденциальности, что способствовало минимизации феномена социальной желательности и «защиты биографии». Проведенное исследование явилось первой серией цикла исследований, направленных на эмпирическое изучение наличия психо-эмоционального стресса у студентов в предсессионный период и период сессии. Основная задача первой серии заключалась в оценке наличия и степени выраженности стресса у студентов в предсессионный период.

Сбор эмпирических данных производился с помощью следующих методик:

1) Методика экспресс-диагностики невроза К. Хека и Х. Хесса – стандартизированный тест, позволяющий выявить степень вероятности невроза и оценить эмоциональную устойчивость респондента. Методика дает обобщенную и предварительную информацию о состоянии человека.

2) Шкала депрессии Бека – стандартизированный тест, позволяющий определить степень тяжести депрессивного расстройства. Шкала депрессии Бека позволяет оценить такие признаки и симптомы депрессии, как чувство несостоятельности, неудовлетворенность, чувство вины, отвращение к самому себе, идеи самообвинения, раздражительность, нарушение социальных связей, нерешительность и др. Ответы респондентов отражают степень выраженности каждого из анализируемых симптомов, а также общий уровень выраженности депрессии (от отсутствия депрессивных симптомов до тяжелой депрессии).

3) Тест ситуативной тревожности Спилбергера-Ханина – стандартизированный тест, направленный на диагностику выраженности тревожности как состояния, связанного с текущей ситуацией. Реактивная (ситуативная) тревожность отражает состояние человека в данный момент времени, которое характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью в данной конкретной обстановке. Это состояние возникает как эмоциональная реакция на экстремальную или стрессовую ситуацию и может быть разным по интенсивности и динамике.

4) Тест на определение ригидности – стандартизированный тест, позволяющий оценить такое свойство личности, как «ригидность-мобильность» или «консервативность-пластичность», которое характеризует быстроту приспособления личности к изменяющейся ситуации. Ригидность обозначает неподатливость изменениям, вводимым новациям, слабую переключаемость с одного вида работы на другой. Пластичность, наоборот, означает легкую податливость изменениям ситуации, легкую смену установок и суждений. Полученные результаты отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Выраженность исследуемых признаков у обследованных студентов

Вероятность невроза		Выраженность симптомов депрессии		Выраженность ситуативной тревожности		
Низкая	Высокая	Отсутствие депрессивных симптомов	Легкая депрессия (субдепрессия)	Низкая	Умеренная	Высокая
Количество человек						
96	4	85	15	33	55	12

На основании результатов, представленных в таблице, можно заключить, что у подавляющего большинства студентов в предсессионный период признаки психоэмоционального стресса не диагностируются. Существенный уровень выраженности ситуативной тревожности у студентов может быть обусловлен ситуацией самого исследования либо текущими учебными и внеучебными задачами. Можно предположить, что студентам, у которых выявлен высокий уровень ситуативной тревожности (12 человек) присуща личностная тревожность, то есть тревожность, как личностная черта это означает мотив или приобретенную поведенческую позицию, которая заставляет человека воспринимать широкий круг объективно безопасных обстоятельств, как содержащих угрозу, побуждая реагировать на них состояниями тревоги, интенсивность которых не соответствует величине реальной опасности.

Таблица 2 – Показатели микронутриентного статуса по всей группе обследованных (экскреция с мочой)

Показатели	Единицы измерения	Референтные значения	мкг/мг на 1 л мочи
Йод	мкг/л	>100	82,0±44,4
Селен	мкг/л	>50	78,7±34,9
Кальций	ммоль/л	2,5-7,5	5,32±2,6
Фосфор	ммоль/л	13-42	42,8±22,1
Аскорбиновая кислота	мг/л	10,0-70,0	61,3±40,8
1-метилникотинамид	мг/л	>6,0	8,70±7,42

Оценка микронутриентного статуса проведена по уровню биомаркеров в моче, характеризующих статус обеспеченности важнейшими микронутриентами и их соотношением: J/Se [2, 3] и Ca/P [4]. У студентов с низким уровнем тревожности и умеренной или высокой тревожностью не выявлено достоверных отличий по концентрации J или Se в

моче, притом, что показатель йодурии был ниже референтного значения. Кроме того, соотношение этих микроэлементов было существенно уменьшенным во второй группе. При равном уровне экскреции кальция в обеих группах выявлено значительное уменьшение экскреции фосфора, которая не проявилась при расчете выведения фосфора на содержание креатинина. Соответственно, соотношение Са/Р оказалось в обеих группах практически одинаковым. Уровень экскреции аскорбиновой кислоты [5] у всех обследованных студентов был в пределах референтных значений. При расчете аскорбинурии на ммоль креатинина величина составила $22,6 \pm 12,5$, что ниже референтной величины ($32,5$ мкмоль/ммоль креатинина). Этот показатель не отличался в группах студентов с различной степенью тревожности и выраженностью депрессии, причем в 10 % процентиле экскреция витамина С была в диапазоне недостаточности. Анализ экскреции продукта метаболизма витамина РР (1-метилникотинамид) [6, 7], которые используются для объективизации оценки витаминного статуса, показал достаточный уровень обеспеченности.

Список использованных источников

1. Геохимическая экология и ее назначение в науках о питании / В.В. Ермаков [и др.]. – Наука, питание и здоровье: матер. конгр. (Минск, 8-9 июня 2017 г.) // Нац.акад. наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»; редкол.: З.В. Ловкис [и др.] – Минск: Беларуская навука, 2017. – С. 10-17.
2. Alfthan G. Micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // *Anal. Chim. Acta.* – 1984. – Vol.165. – P. 187-194.
3. Two simple methods for measuring iodine in urine // J.T. Dunn [et al.]. – *Thyroid.* – 1993. – Vol. 3, № 2. – P. –119-23.
4. Кальций в моче определяли с помощью набора реагентов «Кальций АП». ЧП «Диасенс» Неорганический фосфор и креатинин в моче определяли с помощью набора реагентов НТПК «Анализ Х».
5. Omaye S.T. Selected methods for the determination of ascorbic acid in animal cells, tissues, and fluids / S.T. Omaye, J.D. Turnbull, H.E. Sauberlich // *Meth. Enzymol.* – Vol. 62. – 1979. – P. 3-11.
6. Huff J.W, Perlzweig W.A. The fluorescent condensation product of N1-methylnicotinamide and acetone; a sensitive method for the determination of N1-methylnicotinamide in urine // *J. Biol. Chem.* – 1947. – Vol. 167, № 1. – P. 157-167.
7. Carpenter KJ, Kodicek E. The fluorimetric estimation of N1-methylnicotinamide and its differentiation from coenzyme // *Biochem J.* – 1950. –Vol. – 46, № 4. – P. 421-426.

Bashun N.Z.¹, Gijuk T.V.¹, Gurinovich V.A.², Khviasko I.S.², Goreva D.A.², Filipovich N.A.², Lukienko Ye.P.², Maksimchyk Yu.Z.², Maksimovic V.A.¹, Moiseenok A.G.²

NONINVASIVE EXAMINATION OF MICRONUTRIENTS' AVAILABILITY IN STUDENTS WITH DIFFERENT DEGREE OF PSYCHO-EMOTIONAL STATE

¹Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

²Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds, NAS of Belarus (Belarus)

Full-time students have been found to suffer of anxiety in some degree and part of examined students has gotten subdepression. The observed differences in the levels of excretion of J, Se, Ca, P, ascorbic acid and 1-methylnicotinamide seems to reflect the imbalance in micronutrient availability.

Keywords: noninvasive examination of micronutrients, psycho-emotional state, full-time students.

М.М. Груша, Е.Л. Пузач, К.И. Заневская, О.М. Третьякова

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Различные виды иммобилизованных бактерий могут быть использованы в различных сферах биотехнологии: для осветления яблочного сока в пищевой промышленности; очистки природных и сточных вод от фосфатов; для получения триптофана.

Ключевые слова: иммобилизация, биотехнология, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*.

В последнее время получило достаточно широкое распространение применение иммобилизованных клеток микроорганизмов, содержащих естественный набор ферментов. Преимущества их по сравнению с иммобилизованными ферментами заключаются в том, что при использовании иммобилизованных клеток отпадают стадии выделения, очистки и иммобилизации ферментов, которые, как правило, являются наиболее дорогостоящими при осуществлении полного технологического процесса. Ферменты в микроорганизме находятся в наиболее естественном окружении, что положительно сказывается на их термостабильности, а также так называемой операционной стабильности (продолжительности работы в условиях опыта). Иммобилизация целых клеток микроорганизмов предотвращает их размножение и обычно увеличивает сохранность и срок работы в качестве катализатора по сравнению с нативными клетками [1].

Использование иммобилизованных целлюлолитических ферментов продуцируемых бактериями весьма перспективно для получения глюкозы и других пищевых сахаров из целлюлозного сырья. В медицинской промышленности их используют для выделения стероидов из растений, в пищевой – для улучшения качества растительных масел, осветления соков.

Цель работы – определение возможности использования иммобилизованных клеток *Pseudomonas fluorescens* как продуцентов целлюлолитических ферментов для осветления яблочного сока; *Pseudomonas fluorescens* для очистки природных вод от фосфатов; *Bacillus subtilis* для получения триптофана из вторичного сырья.

Выращенные клетки иммобилизовали в гель альгината кальция.

Фермент целлюлаза, расщепляющий целлюлозу до глюкозы, сравнительно редко встречается в природе. Поэтому большинство животных, в том числе и человек, не могут использовать целлюлозу, хотя она представляет собой практически неисчерпаемый и потенциально очень ценный источник глюкозы.

Наиболее эффективными продуцентами целлюлаз являются микроскопические грибы. Именно грибы с их высокоразвитым секреторным аппаратом широко используются в промышленности для получения препаратов внеклеточных целлюлаз.

Вторым перспективным источником целлюлаз являются бактерии. Хотя они секретируют, как правило, значительно меньшие количества внеклеточных целлюлаз, зато гораздо быстрее растут и намного удобнее при генетических манипуляциях [2].

Pseudomonas fluorescens в промышленности используют как источник для получения целлюлолитических ферментов. Было выявлено, что наибольшую активность иммобилизованный фермент проявляет через 2 часа термостатирования при температуре 28°C. Видимый результат осветления сока под действием ферментов наиболее ярко выражен через 3 часа термостатирования. В ходе проведенных исследований была выявлена возможность использование иммобилизованных клеток *Pseudomonas fluorescens* для осветления и увеличения выхода яблочного сока.

Бактерии *Pseudomonas fluorescens* также может быть выбран как объект для очистки природных вод от фосфатов. Эта бактерия активного ила обладает способностью накапливать в своих клетках (в полифосфатных гранулах, так называемых зёрнах волютина) растворенные формы фосфора. Микроорганизмы способны потреблять фосфора больше, чем его требуется на прирост биомассы и энергетические потребности.

Несмотря на то, что в настоящее время на территории Республики Беларусь очистке подвергается значительная часть бытовых и производственных стоков, уровень загрязнённости ряда водных объектов превышает существующие нормативные требования. Это происходит прежде всего, потому что не все города, не говоря уже о сельских населённых пунктах, имеют очистные сооружения и далеко не везде обеспечивается должный эффект очистки [3].

После проведенных опытов, в исследуемой пробе воды с иммобилизованными клетками *Pseudomonas fluorescens* концентрация ортофосфатов после 1 часа аэрирования по сравнению с начальной концентрацией снизилась на 34%. В последующие часы значения концентраций варьировали незначительно.

Перспективным сырьем для получения разных функциональных материалов, полезных человеку, являются многотоннажные отходы сельского хозяйства, в первую очередь те, которые концентрируются на перерабатывающих предприятиях. Поэтому в последние годы внимание уделяется поиску новых способов выделения и анализа ценных веществ, в частности аминокислот, из неиспользуемых ранее растительных отходов [4].

Все большее внимание привлекает использование микроорганизмов в качестве источников отдельных компонентов пищевых продуктов. Таким примером служит получение аминокислот, исключительно микробным синтезом, выращивая микроорганизмы на вторичном сырье.

В качестве такого микроорганизма был выбран *Bacillus subtilis*. После проведенных исследований максимальный выход триптофана в среде на основе пшеничных отрубей с иммобилизованными клетками наблюдался через первые сутки и составил 0,038 мг/мл, что в 1,7 раз больше по сравнению с первоначальной концентрацией; на последующие сутки (2е-4е) достоверных изменений количества триптофана не происходило. Концентрация триптофана оставалась на 64-68% выше исходной.

Таким образом, использование иммобилизованных клеток микроорганизмов является перспективным направлением в биотехнологии.

Список использованных источников

1. Катлинский, А.В. Курс лекций по биотехнологии / А.В. Катлинский, Ю.О. Сазыкин // ММА им. Сеченова / – М. 2005 - 150 с.
2. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс] / Уфа, 2017 – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id581986p4.html> - Дата доступа: 12.05.2017
3. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
4. Быкова И.А. Разработка способов использования пивной дробины в качестве компонента различных биологических систем: автор. дис. к. т. н. Оренбург, 2003. – С. 23.

Grusha M.M., Puzach E.L., Zanevskaya K.I., Tratsiakova O.M.
USE OF IMMOBILIZED CELLS OF MICROORGANISMS
Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Different types of immobilized bacteria can be used in various areas of biotechnology: for clarifying apple juice in the food industry; purification of natural and waste water from phosphates; for the production of tryptophan.

Keywords: immobilization, biotechnology, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЭП НА МЕТАБОЛИЗМ БЕЛКОВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ

**В.И. Домаш, О.Л. Канделинская, О.А. Иванов, Т.П. Шарпио, Е.Р. Грищенко,
С.А. Забрейко**

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск

Установлена видоспецифичность ответной реакции дикорастущих видов растений на действие электромагнитного излучения ЛЭП. Показаны различные типы адаптивных стратегий у растений к действию стрессора по показателям метаболизма белков, ответственных за формирование неспецифической устойчивости.

Ключевые слова: ингибиторы трипсина, протеазы, лектины, антиоксидантная активность, дикорастущие растения.

Одним из существенных факторов загрязнения окружающей среды является электромагнитное излучение, обусловленное интенсивным использованием электрической энергии. По инициативе Всемирной Организации Здравоохранения в 1995 году был даже введен термин «глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды». Основным источником электромагнитного загрязнения промышленной частоты, в том числе за пределами урбанистических территорий, являются линии электропередачи (ЛЭП), которые вместе с трансформаторными и преобразующими электростанциями формируют электросеть – основное звено энергетической системы. Под действием электромагнитного излучения антропогенного происхождения происходят как функциональные, так и структурные изменения на молекулярном уровне, которые в свою очередь вызывают каскад реакций, нарушающий процессы роста и развития растений

Суммарная протяженность ЛЭП в Беларуси составляет около 270 тыс.км. При этом общая протяженность ЛЭП мощностью 220-330 кВ составляет 6885,3 км [1, 2]. Представляется очевидным, что столь значительная протяженность ЛЭП актуализирует и необходимость систематических и масштабных исследований влияния данного антропогенного фактора на окружающую среду, в том числе и на растения.

В связи с вышеизложенным, очевидна необходимость изучения физиолого-биохимических механизмов адаптации растений к данному стрессовому воздействию. Нами проведены исследования действия ЛЭП на активность системы протеолиза, антиоксидантной системы и углеводсвязывающих белков семейства лектинов, участвующих в регуляции интегральных процессов в растениях.

Объектами исследований служили дикорастущие виды растений.

Отбор проб осуществляли на территории, примыкающей к ЛЭП «Россь-Волковыск» напряжением 330 кВ в Ивацевичском районе Брестской области. Варианты опыта: непосредственно под ЛЭП; 30 м от ЛЭП и 50 м от ЛЭП.

Активность белков-ингибиторов трипсина определяли по уменьшению скорости гидролиза субстрата ферментом в присутствии белков-ингибиторов [3]. В качестве субстрата использовали синтетический N_α-бензоиларгининнитроанилид (БАПА)

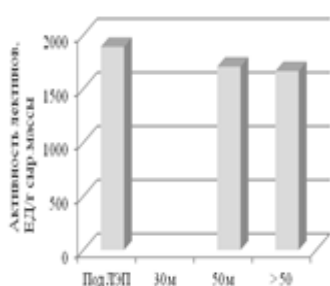
Активность щелочной БАПАазы определяли по методу Эрлангера [4]. За единицу активности принимали количество фермента в экстракте, которое катализирует образование 1 мкМ п-нитроанилина за 1 мин инкубации.

Антиоксидантную активность определяли по методу [5] с фотохимической системой генерирования радикалов супероксида, которая основана на реокислении фотовосстановленного рибофлавина.

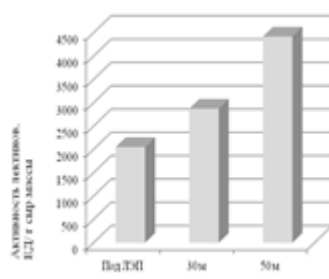
Гемагглютинирующую активность лектинов определяли с использованием эритроцитов кролика посредством микротитрования на иммунологических планшетах с U-образными лунками с последующим добавлением в них 2,5% суспензии эритроцитов кролика. Активность лектинов выражали в величинах, обратных минимальной концентрации белка, при которой отмечали реакцию гемагглютинации (Ед/г сыр. массы) [6]. Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.

Таблица – Влияние электромагнитного излучения ЛЭП на активность компонентов протеиназно-ингибиторной и антиоксидантной системы дикорастущих растений

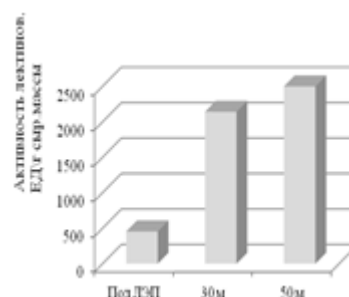
Варианты опыта	БАПАаза, ЕА/г а.с.м.	Активность ингибиторов трипсина, ИЕ/г а.с.м.	Антиоксидантная активность, %
<i>Hypericum perforatum</i> L. (звербой продырявленный), под ЛЭП	24,39±0,54	50,90±1,76	78,0±1,2
30 м от ЛЭП	23,35±0,32	49,34±1,14	72,3± 1,1
50 м от ЛЭП	21,69±0,30	35,63± 0,56	77,4± 2,3
<i>Calluna vulgaris</i> L. (вереск обыкновенный), под ЛЭП	13,46±0,21	4,50± 0,19	69,1± 1,8
30 м от ЛЭП	12,21± 0,11	3,85± 0,10	69,0± 1,9
50 м от ЛЭП	11,42± 0,21	3,09±0,12	68,5± 2,0
<i>Rubus fruticosus</i> L. (ежевика обыкновенная), под ЛЭП	8,87 ± 0,23	1,47±0,05	40,1± 1,9
30 м от ЛЭП	9,31±0,00	1,28 ±0,03	43,0± 1,9
50 м от ЛЭП	10,35±0,22	1,44± 0,02	42,9± 2,3



А



Б



В

Рисунок – Влияние электромагнитного излучения ЛЭП на активность эндогенных лектинов в растениях дикорастущей флоры: А- вереск: Б- ежевика: В- звербой

Согласно данным таблицы в листьях эвербоя непосредственно под ЛЭП аблюдалась активация щелочной протеазы БАПАазы, на расстоянии же 30 и 50 м от ЛЭП ее активность снижалась в среднем на 7,7 %. В листьях вереска снижение активности составляла в среднем 12,2 %, а в листьях ежевики, наоборот, наблюдалось повышение активности в среднем на 10,8 % в зависимости от расстояния. Активность же ингибиторов трипсина в листьях на расстоянии 30 и 50 м от ЛЭП снижалась в зависимости от вида растений на 7,5 – 22, 9 %. Отмечена также более высокая антиоксидантная активность в листьях звербоя непосредственно под ЛЭП,

которая снижалась в зависимости от расстояния в среднем на 4%. В листьях вереска снижение активности составляла лишь 0,5%. В листьях ежевики отмечено повышение антиоксидантной активности в среднем на 7,5%. Согласно данным рисунка 1, изменения различной направленности имели место и по показателю активности лектинов. Так, непосредственно под ЛЭП в листьях вереска обнаруживалась более высокая активность, чем на расстоянии 30 и 50 м. Напротив, в листьях ежевики и зверобоя в этих же условиях наблюдалось снижение гемагглютинирующей активности лектинов.

Таким образом, в ответ на действие электромагнитного излучения ЛЭП ответная реакция растений имела видоспецифический характер. Отмечены выраженные адаптивные изменения метаболизма белков, ответственных за формирование механизмов неспецифической устойчивости растений. Угнетенное состояние метаболизма белков ряда исследованных видов вблизи воздушных ЛЭП свидетельствует о необходимости проведения как более обширных исследований наблюдаемых явлений, так и принятия мер по предотвращению последствий воздействия электромагнитного излучения как на культурную, так и на дикорастущую флору.

Список использованных источников

1. Новицкий, Ю.И. Параметрические и физиологические аспекты действия постоянного магнитного поля растения: дис. доктора биол. наук: 03.00.12. М., 1984. – 445 с.
2. Плеханов, Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии /Г.Ф. Плеханов. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1994. - 184 с.
3. Гофман, Ю.Я. Определение активности ингибиторов трипсина в семенах гороха. / Ю.Я. Гофман, И.М. Вайсблай. // Прикл. биохимия и микробиол. -1975. -Т. 11, вып. 5. -С. 777-787.
4. Erlanger, F. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. / F. Erlanger, N. Kokowsky, W. Cohen. //Arch. Biochem. and Biophys. -1961. – Vol. 96. – С. 271-278.
5. Fridovich, I. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. /I. Fridovich, C.O. Beauchamp //Anal. Biochem. -1971. - Vol. 44, - N 1. - P. 276-287
6. Бабоша А.В., Ладыгина М.Е. Определение фитогемагглютининов в связи с вирусоустойчивостью картофеля. /А.В.Бабоша, М.Е. Ладыгина //Физиолого-биохимические и биофизические методы диагностики степени устойчивости растений к патогенам и другим факторам / Под ред. Ладыгиной М.Е. - М.: МГУ, -1992. - С.43-52.

Domash V.I., Kandelinskaya O.L., Ivanov O.A., Sharpio T.P., Grishenko E.R., Sabreiko S.A.

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION FROM THE POWER LINES ON THE PROTEIN METABOLISM IN WILD PLANTS SPECIES

V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of National Academy of Science of Belarus (Belarus)

Specificity of wild plants species response to the effect of electromagnetic radiation from the power lines was revealed. Various types of plant adaptive strategies to the stress which is reflected in metabolic ratio of proteins responsible for the formation of nonspecific resistance was shown.

Keywords: trypsin inhibitors, proteases, lectins, antioxidant activity, wild plants species.

АНАЛИЗ ХРОНИЗАЦИИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ г. БАРАНОВИЧИ

Р.А. Дудинская, Н.Ю. Якубчик

*Международный экологический институт им. А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск*

Для анализа хронизации заболеваемости использовался коэффициент соотношения. Выявлено, что в изучаемом регионе коэффициент соотношения между общей и первичной заболеваемостью за изучаемый период существенно не изменялся, что может свидетельствовать о хорошо налаженной диагностической и профилактической работе в регионе. Отмечен рост хронизации заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата.

Ключевые слова: коэффициент соотношения, общая заболеваемость, первичная заболеваемость, методы обработки информации, детское население.

Здоровье детей закономерно рассматривают как один из важнейших медико-социальных приоритетов государства. Общеизвестно, что дети – это особая часть популяции, важнейшей особенностью которой является ранимость и чувствительность к воздействию окружающей среды: природной и социальной. Многокомпонентное действие неблагоприятных факторов окружающей среды на детский организм способствует формированию своеобразного симптомокомплекса, характеризующегося наличием разнообразных сдвигов со стороны многих органов и систем. Современные дети и подростки являются основной репродуктивной группой начала 21 века, поэтому изучение состояния здоровья детей и подростков республики Беларусь является особенно актуальным [1, 2]. Использование коэффициента соотношения общей и первичной заболеваемости по годам может свидетельствовать о возрастании хронизации патологии, а стало быть и нагрузки на систему здравоохранения, а снижение этого коэффициента – о появлении факторов риска, провоцирующих формирование новых случаев заболеваний. Коэффициент может быть служить индикатором при установлении приоритетности тех или иных патологий при решении здравоохраненных вопросов. Эта методика особенно важна при оценке заболеваемости детского контингента, для которого нет проблемы “постарения” в возрастном составе и потому ошибки в трактовке динамики заболеваемости будут минимальными.

Объектом исследования была информация из формы Государственной статистической отчетности о числе случаев заболеваний детского населения г.Барановичи, полученная в Учреждении здравоохранения «Барановичская районная больница» и численности детского населения, полученная из Демографических ежегодников РБ за изучаемый период. В работе были использованы следующие методы: расчет экстенсивных коэффициентов, расчет коэффициентов общей и первичной заболеваемости, доверительных интервалов к ним; анализ достоверности различий показателей заболеваемости в конце изучаемого периода по сравнению с началом; анализ динамических рядов заболеваемости методом выравнивания по параболе первого порядка и экспоненциального сглаживания по скользящей средней, расчет

среднегодового показателя тенденции (A_1), расчет коэффициента детерминированности (R^2), расчет коэффициента соотношения.

За весь период изучения первые ранговые места в структуре заболеваемости детского населения г.Барановичи занимали: болезни органов дыхания, травмы, отравления, болезни глаза и его придаточного аппарата, некоторые инфекционные и паразитарные болезни. Выявлены достоверные различия в сторону увеличения показателей общей заболеваемости в 2015 году по сравнению с 2005 годом по следующим классам болезней: органов дыхания ($t=10,7$, $p<0,001$), глаза и придаточного аппарата ($t=4,5$, $p<0,001$), в сторону снижения - некоторые инфекционные и паразитарные болезни ($t=4,8$, $p<0,001$), травмы, отравления ($t=3,6$, $p<0,001$). Сравнительный анализ показателей первичной заболеваемости в конце изучаемого периода по сравнению с началом выявил достоверные различия в сторону роста показателей заболеваемости болезнями верхних дыхательных путей ($t=16,1$, $p<0,001$), в сторону снижения по следующим классам: некоторые инфекционные и паразитарные болезни ($t=6,2$, $p<0,001$), травмы и отравления, ($t=2,8$, $p<0,001$). В значениях показателей первичной заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата достоверных различий не выявлено ($t=1,7$, $p>0,05$).

Анализ динамических рядов общей и первичной заболеваемости детского населения проводился методом выравнивания ряда по параболе первого порядка. В случае затруднения определения направленности тенденции, использовался метод экспоненциального сглаживания ряда по скользящей средней. Было выявлено, что за изучаемый период первичная заболеваемость болезнями верхних дыхательных путей имела статистически значимую тенденцию к росту ($A_1=427,1^{0/000}$, $R^2=0,81$), отмечено неустойчивое снижение ($A_1=-27,4^{0/000}$, $R^2=0,39$) показателей заболеваемости инфекционными и паразитарными болезнями. Динамический ряд первичной заболеваемости по причине травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин был разделен на 2 периода. С 2005 по 2010 год выявлен статистически значимый рост показателя ($A_1=26,9^{0/000/00}$, $R^2=0,94$), за период 2010-2015 гг. – статистически значимое снижение ($A_1=-91,7^{0/000}$, $R^2=0,89$). За период с 2005 по 2011 год выявлено статистически значимый рост показателя первичной заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата ($A_1=18,21^{0/000}$, $R^2=0,95$), за период 2011-2015 гг. – статистически значимое снижение ($A_1=-76,1^{0/000}$, $R^2=0,91$). Было выявлено, что за изучаемый период общая заболеваемость болезнями верхних дыхательных путей имела неустойчивую тенденцию к росту ($A_1=161,3^{0/000}$, $R^2=0,57$), отмечено неустойчивое снижение показателей заболеваемости инфекционными и паразитарными болезнями ($A_1=-41,3^{0/000}$, $R^2=0,43$). Динамический ряд заболеваемости по причине травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин также был разделен на 2 периода. За период с 2005 по 2010 год выявлен статистически значимый рост показателя ($A_1=21,9^{0/000}$, $R^2=0,94$), за период 2010-2015 гг. – статистически значимое снижение ($A_1=-62,7^{0/000}$, $R^2=0,91$). За период с 2005 по 2011 год выявлено статистически значимое увеличение показателей заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата ($A_1=64,33^{0/000}$, $R^2=0,95$), за период 2011-2015 гг. – статистически значимое снижение ($A_1=-128,1^{0/000}$, $R^2=0,94$).

Были рассчитаны коэффициенты соотношения между показателями общей (КР) и первичной (КЗ) заболеваемостью, которые характеризуют степень хронизации заболевания. Выявлено, что коэффициент соотношения составил (1-1,1) по следующим классам болезней: болезни органов дыхания, некоторые инфекционные болезни, травмы и отравления. Коэффициент соотношения для болезней глаза и его придаточного аппарата был высоким за весь период наблюдения и составил к 2015 году 4, 5. Таким образом, несмотря на достоверное снижение показателей первичной и общей заболеваемости болезнями глаза и его придаточного аппарата за период с 2010 по 2015 гг. отмечается значительный рост коэффициента соотношения. При прочих равных условиях доступности медицинского обслуживания, высокие значения коэффициента соотношения между общей и первичной заболеваемостью болезнями глаза и его придаточного аппарата, очевидно, могут свидетельствовать о росте хронизации данной патологии, независимо от того, какое место занимает она в структуре общей заболеваемости.

Состояние здоровья детей тесно взаимосвязано с социально-экономическим развитием страны и является показателем эффективности деятельности органов образования и здравоохранения, Госсаннадзора, соцобеспечения и ряда других министерств и ведомств. Являясь одним из показателей, характеризующим состояние здоровья населения, заболеваемость отражает также уровень организации и качество лечебно-диагностической и профилактической деятельности органов и учреждений здравоохранения. Выявленные тенденции показателей здоровья детей, проживающих в г.Барановичи Брестской области, указывают на действенную систему обслуживания детского населения в регионе, на хорошо развитую систему диспансеризации и эффективность медицинской помощи. Рост заболеваемости отдельными болезнями в немалой степени является следствием более полного статистического учета и непрерывного наблюдения за хроническими больными.

Список использованных источников

1. Антипова, С.И. Заболеваемость детей как индикатор проблем общества / С.И. Антипова, И.И. Савина // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2010. – №2. – С.26-34.
2. Неверо, Е.Г. Состояние здоровья детского населения и пути его укрепления / Е.Г. Неверо, Е.Л. Богдан // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2010. – №3. – С.70-72.

Dudinskaya R.A., Jakubczyk N.Y.

ANALYSIS OF CHRONIZATION IN MORBIDITY OF CHILDREN POPULATION IN BARANOVICHI

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University of Minsk (Belarus)

To analyze the chronization of morbidity, ratio was used. It has been revealed that in the study region, the ratio of general and primary morbidity for the study period was not significantly altered, which may indicate a well-established diagnostic and preventive work in the region. Growth in chronic diseases of eye and adnexa was revealed.

Keywords: ratio, general morbidity, primary morbidity, information processing methods, children's population.

ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОРЕ МОЗЖЕЧКА КРЫС ПРИ ХОЛЕСТАЗЕ

С.В. Емельянчик

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

При холестазе иммуногистохимические изменения происходят в элементах коры мозжечка. Выявленные расстройства являются гетерогенными: существует клеточная мозаика – наряду с клетками без видимых изменений, определяются с умеренными и тяжелыми повреждениями.

Ключевые слова: холестаз, клеточная мозаика, кора мозжечка.

Состояние холестаза вызывает в организме человека и животных целый ряд характерных симптомакомплексов, сопровождающееся морфологическими изменениями в ряде органов, включая головной мозг. Такое состояние нередко сопровождается двигательными пространственно-временными нарушениями. Выяснение причинно-следственных отношений на уровне морфологических изменений в организме и в частности в мозге, весьма актуально и перспективно, поскольку тонкие механизмы таких процессов до конца не известны [1].

Цель исследования – установить иммуногистохимические изменения в структурах коры мозжечка в динамике подпеченочного холестаза у крыс.

Материал и методы. В работе использован материал от 36 белых крыс-самцов гетерогенной популяции массой 225 ± 25 г. с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных». Опытным животным производили перевязку общего жёлчного протока на 3-5 мм ниже слияния долевых протоков двумя лигатурами с последующим пересечением между ними. Животным контрольной группы проводили ложную операцию. Через 2, 5, 10, 20, 45 и 90 суток в утренние часы (для синхронизации по времени), предварительно усыпив парами эфира, животных выводили из эксперимента. Иммуногистохимическими методами изучали структурную организацию коры мозжечка крыс через экспрессию белков: фермента глутаматдекарбоксилазы (GAD67) – для контроля синтеза нейромедиаторов; белка синаптофизина (SYN) – для определения синаптогенеза и синаптической плотности; ранних аутолитических процессов (ядерный белок NeuN) и пролиферацию нейронов (белок Ki-67) по протоколам Д.Э. Коржевского и соавт. [2].

При помощи светового микроскопа «Axioscop» с цифровой видеокамерой «Axio Cam MR c5» и программы изображения «Axio Vision AC 4.1» фирмы «Carl Zeiss Vision GmbH» (Германия) идентификационный номер ID 151B3D61, а так же встроенной цифровой видеокамеры (Sony DFW-X710, Япония) и программы Image Warp (Bit Flow, США) получали иллюстративный материал.

Собственные данные и их обсуждение. После перевязки общего жёлчного протока в коре мозжечка у крыс развиваются изменения экспрессии некоторых изученных белков. Они носят динамический, волнообразный характер: первые проявления появляются через 2 суток холестаза, через 10-20 суток достигают максимума, а при самопроизвольном восстановлении тока желчи (через 45 и 90 суток) полностью отсутствуют.

При холестазе экспрессия белка GAD67 на 2 сутки в перикарионах клеток Пуркинье несколько снижена, на 5-10-20 сутки происходит усиление экспрессии. Корзинки вокруг этих клеток на 2 сутки не реагируют, а в последующие сутки идет усиление экспрессии данного белка, т.е. синхронизация с таковыми перикарионов. Эти изменения можно объяснить, по нашему мнению, тем фактом что при холестазе нарастает количество одного из главных тормозных нейромедиаторов – гамма аминomásляной кислоты, а поскольку данный фермент выступает как скорость-лимитирующий фактор синтеза этого медиатора, его экспрессия указывает на активизацию процессов торможения в коре мозжечка, что согласуется с данными [3].

Экспрессия синаптофизина на 5-10 сутки указывает на активизацию синаптогенеза и синаптической плотности, в последующие сроки, возможно, происходит уменьшение их из-за

истощения энергетических ресурсов клетки. Нами ранее показано, в это время происходит разрушение крист митохондрий. Экспрессии белков NeuN и Ki-67 не установлено.

В наших предыдущих исследованиях при холестазах мы установили, что ядра клеток Пуркиньи деформируются, смешаются к периферии клетки, могут встречаться кариопикноз, ядрышки уменьшаются в размерах, меняют структуру (при окраске по методу Ниссля). Подобные явления свидетельствуют о глубоких патологических изменениях в клетках. В некоторых клетках наоборот происходит увеличение размеров ядрышек, их смещение к кариолемме – это может свидетельствовать о появлении реактивных изменений, активизации восстановительных процессов, что согласуется с мнением [2]. В этом контексте интересны наши данные: в опыте на 10 и 20 сутки холестаза происходит экспрессия белка Ki-67 в ядрышках клеток Пуркиньи. Поскольку этот белок определяется в пресинтетический период преимущественно в ядрышках, и только в постсинтетический период интенсивно окрашивается вся кариоплазма – можно предположить, происходит определенная «готовность» клетки вступить в процессы подготовки к делению, однако это требует дальнейших исследований и доказательств. В нашем случае однозначно этот факт объяснить затруднительно, поскольку фигур митоза клеток мы не обнаружили.

Реакция на ядерный белок NeuN является чувствительным тестом на ранние аутолитические изменения нервной ткани и оценки степени ее нейродегенерации, особенно при ишемическом повреждении головного мозга [2]. Однако в нашем исследовании экспрессии данного белка в опыте не установлено. Такое явление можно объяснить, по нашему мнению, фактом истощения защитных механизмов клетки и активации программ (процессов) самоуничтожения, что вписывается в понятие регулируемая клеточная гибель [3]. Поскольку действие патологического (летального) фактора (механическая травма, электроток, давление, химические вещества и др.) непосредственно на нейроны в нашем эксперименте не имели место, отсюда понятно, почему в нашем случае нет положительной иммуногистохимической реакции в нервных клетках при холестазах – механизмы отличаются от прямого (непосредственного) действия фактора. Из наших предыдущих исследований установлено – это связано с повреждением (разрушением) митохондрий и запуска каскада следующих событий приводящей в конечном итоге к гибели клетки при холестазах.

Таким образом, холестаза вызывает перестройку метаболизма нейронов с целью компенсации нарушений гомеостаза. Это говорит о большой реактивности нейронов коры мозжечка и чувствительности к данному экспериментальному воздействию. Полученные данные будут способствовать более глубокому пониманию патофизиологии холестаза (морфологического гомеостаза).

Выводы. 1. При холестазах происходят иммуногистохимические изменения элементов коры мозжечка. 2. Выявленные нарушения гетерогенны: имеет место клеточная мозаика – наряду с клетками без видимых изменений, определены с умеренными и сильными повреждениями.

Список использованных источников

1. Aghaei, I. Erythropoietin ameliorates the motor and cognitive function impairments in a rat model of hepatic cirrhosis / I. Aghaei [et al.] // Metab. Brain Dis. – 2015. – Vol. 30, № 1. – P. 197–204.
2. Коржевский, Д.Э. Молекулярная нейроморфология. Нейродегенерация и оценка реакции нервных клеток на повреждение / Д.Э. Коржевский, И. П. Григорьев, Е. А. Колос [и др.] ; под ред. Д. Э. Коржевского. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2015. – 110 с.
3. Коржевский, Д.Э. Теоретические основы и практическое применение методов иммуногистохимии : руководство / Д. Э. Коржевский, О. В. Кирик, М. Н. Карпенко [и др.] ; под ред. Д. Э. Коржевского. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2014. – 119 с.

Yemialyanchyk S.V

IMMUNOHISTOCHEMICAL CHANGES IN THE ROPE OF THE RAT BRAIN IN CHOLESTASIS

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

With cholestasis, immunohistochemical changes occur in the elements of the cerebellar cortex. The revealed disorders are heterogeneous: there is a cellular mosaic – along with cells without visible changes, are defined with moderate and severe damages.

Keywords: Cholestasis, cell mosaic, cerebellar cortex.

УДК 577.112.4

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ КЛЕТОК *IRIS PSEUDACORUS* НА ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ БЕЛКОВ И ЛИПИДОВ МИТОХОНДРИЙ ПЕЧЕНИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА

Е.И. Кузнецова¹, А.А. Булатова¹, М.П. Шапчиц¹, О.М. Третьякова²

¹Белорусский государственный университет, Минск

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Исследовано влияние экстракта суспензионной культуры клеток *Iris pseudacorus* на окислительное повреждение белков и липидов в присутствии гидропероксида-трет-бутила *in vitro*. Установлено, что экстракт частично предотвращает накопление карбонильных соединений и ТБК-активных продуктов в данной системе.

Ключевые слова: митохондрии, карбонильные соединения, ТБК-активные соединения, суспензионная культура клеток *Iris pseudacorus*.

Митохондрии являются одним из основных источников активных форм кислорода (АФК) в клетке. Утечка электронов на уровне I и III дыхательных комплексов приводит к генерации супероксидного анион-радикала и пероксида водорода, которые способны повреждать макромолекулы клетки (белки, липиды), что может приводить к различным митохондриальным патологиям [1].

Следует отметить, что лечение митохондриальных патологий, несмотря на значительный эмпирический опыт, до сих пор остается нерешенной задачей. Стратегия лечения заключается в повышении антиоксидантной защиты для предупреждения кислородно-радикального повреждения мембран митохондрий. Показано, что антиоксиданты замедляют прогрессирование клинических признаков митохондриальных патологий. [2]. Вместе с тем препараты, традиционно применяемые при лечении митохондриальных заболеваний, в ряде случаев могут оказывать негативное воздействие на организм [3]

В этой связи, очевидно, что изучение биохимических механизмов дисфункции митохондрий при нарушениях антиоксидантно-прооксидантного баланса в клетке и поиск способов их направленной коррекции с помощью биологически активных веществ природного происхождения является весьма актуальным.

На наш взгляд весьма перспективным с этой точки зрения является экстракт из суспензионной культуры клеток *Iris pseudacorus*. Известно, что *Iris pseudacorus* содержит такие биологически активные соединения полифенольной природы, как кверцетин, мангиферин, изомагниферин, текторигенин, генистеин и другие [4].

Учитывая это, целью наших исследований стало изучение способности экстракта из суспензионной культуры клеток *Iris pseudacorus* предотвращать в условиях *in vitro* окислительное повреждение белков и липидов митохондрий печени крыс в условиях экспериментального окислительного стресса.

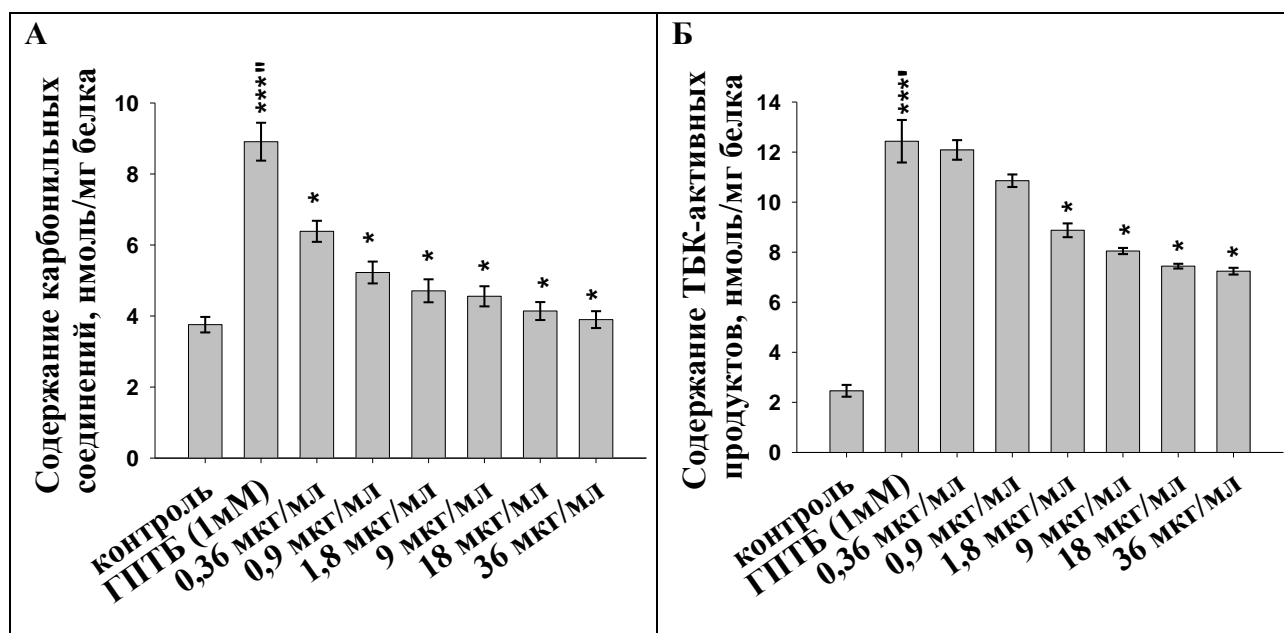
Материалы и методы исследования. Митохондриальную фракцию печени белых крыс самцов получали методом дифференциального центрифугирования [5]. Концентрацию белка в митохондриальной фракции определяли методом Peterson G.L. [6]. В митохондриальной фракции оценивали общее содержание карбонильных соединений [7] и продуктов перекисного окисления липидов [8]. Фенольные соединения из суспензионной культуры

клеток *Iris pseudacorus* экстрагировали 70% этиловым спиртом и определяли суммарное содержание полифенольных соединений в пересчете на галловую кислоту [4]. Для повреждения белков и липидов митохондрии инкубировали с ГПТБ (1 мМ). Статистическую обработку данных осуществляли при помощи пакета статистических программ Stadia 6.0.

Результаты и их обсуждение. В качестве индуктора окислительного повреждения макромолекул был использован гидропероксид-трет-бутила (ГПТБ). ГПТБ способен непосредственно повреждать биомолекулы, снижает митохондриальный мембранный потенциал, вызывает изменения в кальциевом гомеостазе [9], а также нарушает антиоксидантно-прооксидантный баланс митохондрий за счет ингибирования активности глутатион-редуктазы и истощения пула глутатиона восстановленного, который является одним из основных антиоксидантов митохондрий [10]. Учитывая это, ГПТБ был использован в настоящей работе для моделирования окислительного повреждения митохондриальных белков и липидов.

Установлено, что инкубация митохондрий печени крыс с ГПТБ (1 ммоль/л) приводит к увеличению содержания карбонильных соединений (маркеров окислительного повреждения белков) в 2,4 раза, а ТБК-активных продуктов (продуктов перекисного окисления липидов) в 5 раз (рисунок 1) по сравнению с контролем. Полученные данные свидетельствуют об окислительной модификации белков и липидов в присутствии органического гидропероксида

На следующем этапе была изучена способность экстракта суспензионной культуры клеток *Iris pseudacorus* предотвращать повреждение белков и липидов ГПТБ (Рисунок 1).



Примечание: Достоверность рассчитывалась по отношению к контролю ****- $p < 0.001$, и по отношению к содержанию карбонильных соединений (А) и ТБК-активных продуктов (Б) в присутствии ГПТБ (1 мМ) * - $p < 0.05$.

Рисунок 1 – Влияние различных концентраций полифенольных соединений (0,36 -36 мкг/мл) в экстракте суспензионной культуры клеток *Iris pseudacorus* на накопление карбонильных соединений (А) и ТБК-активных продуктов (Б) в присутствии ГПТБ (1 ммоль/л)

Экстракты *Iris pseudacorus* с содержанием полифенольных соединений 0,36 мкг/мл и 0,9 мкг/мл достоверно снижали содержание карбонильных соединений на 28,3% и 41,3% и не оказывали влияние на содержание ТБК-активных продуктов, что вероятно связано с гидрофильностью содержащихся в экстракте биологически активных соединений полифенольной природы [11].

Экстракты ириса с содержанием полифенольных соединений 1,8 мкг/мл, 9 мкг/мл и 18 мкг/мл снизили содержание ТБК-активных продуктов на 29,4%, 35,3% и 40,1%, а содержание карбонильных соединений на 47,1%, 48,9% и 53,5% соответственно.

Обнаруженные эффекты могут быть обусловлены содержащимися в экстракте биологически активными соединениями полифенольной природы, которые обладают способностью модулировать активность целого ряда ферментов, а также хелатировать металлы переменной валентности и перехватывать свободные радикалы [11, 12].

Полученные данные расширяют существующие представления о биологической активности экстракта из *Iris pseudacorus*, а содержащаяся в экстракте уникальная комбинация БАВ, обладающих различным механизмом действия, позволяет прогнозировать его высокую эффективность при многих заболеваниях, протекающих на фоне окислительного стресса.

Список использованных источников

1. Szewczyk, A. Mitochondria as a pharmacological target / A. Szewczyk, L. Wojtczak // *Pharmacological Rev.* – 2002. – Vol. 54, № 1. – P. 101–127.
2. Семячкина С.В. Эффективность применения димефосфона в комплексной терапии различных форм митохондриальных нарушений у детей (митохондриальные энцефаломиопатии, органические ацидурии, наследственные заболевания соединительной ткани) : Автореф. дисс.... канд. мед. наук. / М.: 2000. 27 с.
3. Клембовский А.И. Дисфункция митохондрий при нефропатиях у детей / Материалы II съезда педиатров-нефрологов России. М., 2000. С. 151-154.
4. Мукчайленко О.О. Phenolic compounds of the genus iris plants (iridaceae) / *Čes. slov. Farm.* – 2016. – P. 65, 70-77
5. Petrosillo, G. Ca²⁺-induced reactiveoxygen species production promotes cytochrome c release from rat liver mitochondria via mitochondrial permeability transition (MPT)-dependent and MPT-independent mechanisms: role of cardiolipin / G. Petrosillo, F. M Ruggiero, G. Paradies // *J. of Biol. Chemistry.* – 2004. – Vol. 279, № 51. – P. 53103–53108.
6. Peterson, G. L. A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable / G. L. Peterson // *Analytical Biochemistry.* – 1977. – Vol. 83, № 2. – P. 346–356.
7. Oxygen tolerance and coupling of mitochondrial electron transport / J. L. Campian [et al.] // *The J. of Biol. Chemistry.* – 2004. – Vol. 279, № 45. – P. 46580–46587.
8. Стальная, И. Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И. Д. Стальная, Т. Г. Гаришвили // *Современные методы в биохимии* / М. И. Турков [и др.] ; под ред. В. Н. Ореховича ; Акад. мед. наук СССР. – М., 1977. – С. 66–68.
9. Inhibitory effect of t-butyl hydroperoxide on mitochondrial oxidative phosphorylation in isolated rat hepatocytes / P. Kriváková [et al.] // *Physiol. Research.* – 2007. – Vol. 56, № 1. – P. 137–140.
10. One molecule, many derivatives: a never-ending interaction of melatonin with reactive oxygen and nitrogen species? / D. X. Tan [et al.] // *J. of Pineal Research.* – 2007. – Vol. 42, № 1. – P. 28–42.
11. Havsteen, B.H. The biochemistry and medical significance of the flavonoids / B.H. Havsteen // *Pharmacol. Ther.* – 2002. – Vol. 96, № 2-3. – P. 67–202.
12. Костюк, В.А. Биорадикалы и биоантиоксиданты / В.А. Костюк, А.И. Потапович. – Минск: Изд-во БГУ, 2004 –179 с.

Kuzniatsova E.I.¹, Bulatova A.A.¹, Shapchits M.P., Tratsiakova V.M.

PREVENTION OF THE OXYDATIVE DAMAGE OF PROTEINS AND LIPIDS IN RAT LIVER MITOCHONDRIA UNDER EXPERIMENTAL OXIDATIVE STRESS BY EXTRACT FROM CELL SUSPENSION CULTURE OF IRIS PSEUDACORUS

¹Belarusian State University (Belarus)

²Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

The influence of extract from cell suspension culture of *Iris pseudacorus* on oxidative modification of proteins and lipids in rat liver mitochondria under t-butyl hydroperoxide-induced oxidative stress *in vitro* was studied. It was shown, that extract partly prevented the growth of the protein carbonyl content and lipid peroxidation products.

Keywords: mitochondria, protein carbonyl content, lipid peroxidation products, cell suspension culture, *Iris pseudacorus*.

АНАЛИЗ ОПИАТОВ МЕТОДАМИ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ГОРОДА ГРОДНО

В.М. Миськив, Г.А. Бурдь

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Проведено обнаружение опийных алкалоидов в образцах растения *Papaver somniferum* (семена мака и маковая солома) методом тонкослойной хроматографии;

Ключевые слова: опиаты, тонкослойная хроматография, элюент, реактив Марки.

Опиаты относятся к группе токсических веществ, извлекаемых из растительного сырья или биоматериала полярными растворителями. По химической природе они являются третичными аминами и проявляют основные свойства.

Одним из основных методов обнаружения и количественного определения веществ одурманивающего действия является метод тонкослойной хроматографии. Тонкослойная хроматография (ТСХ) относится к плоскостным видам хроматографии. Хроматографическое разделение обусловлено переносом компонентов подвижной фазой вдоль слоя неподвижной фазы с различными скоростями в соответствии с коэффициентами распределения разделяемых компонентов между двумя фазами [1].

В ходе выполнения работы на базе Управления Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь по Гродненской на протяжении 2015-2016 годов нами проводились исследования образцов высушенного растения *Papaver somniferum* (Мак опийный, или Мак снотворный) с целью обнаружения в нем опийных алкалоидов.

Общая схема проведения исследования включала следующие этапы:

1. внешний осмотр и органолептическое исследование: определение цвета, запаха, фазового состояния, наличия посторонних включений, однородности объекта, установление его исходной массы;
2. микроскопическое исследование (обнаружение и определение анатомо-морфологических признаков растений мака);
3. химическое исследование методом тонкослойной хроматографии (решение вопроса о наличии наркотически активных алкалоидов опия);
4. оценка полученных результатов.

Для исследования методом ТСХ использовали два вида образцов: семена мака и маковую солому. Образцы подвергались жидкость-жидкостной экстракции 96 %-ым этанолом с последующим концентрированием полученного раствора (или гидролизу с последующей экстракцией).

Аликвоту (5мкл) извлечения, полученного из исследуемых образцов после проведения пробоподготовки, наносили с помощью пипетки на стартовую линию хроматографической пластины в одну точку несколькими порциями, высушивая каждую порцию в токе воздуха, на расстоянии не менее 10 мм от нижнего края и не менее 15 мм от бокового края. Одновременно в пятно на расстоянии не менее 10 мм от правого края наносили по 10 мкг метчиков морфина, кодеина и тебаина в виде хлороформных растворов. Пластины высушивали до удаления запаха растворителей и помещали в подготовленную хроматографическую камеру. Элюирование проводили, пока фронт растворителей не достигнет 10-5 мм от верхнего края пластины. После элюирования пластину извлекали из камеры и высушивали в токе воздуха до полного удаления запаха растворителей.

Для идентификации веществ пластину капельно обрабатывали реактивом Марки, нанося реактив от старта до финиша сначала в зону метчиков, а затем в исследуемую зону [2]. После обработки пластины реактивом Марки наблюдали проявление пятен. При наличии опийных алкалоидов в образцах наблюдаются ярко выраженные пятна: с морфином и кодеином фиолетового окрашивания, с тебаином – желто-оранжевого. Совпадение пятен контрольной

пробы и исследуемого образца на пластине свидетельствует о наличии морфина, кодеина и тебаина в исследуемых образцах.

Нами исследованы более 50 образцов семян мака и маковой соломы, изъятых в рамках операции «Мак» у физических лиц. После проведения анализа и обработки пластин реактивом Марки наблюдали проявление на них соответствующих пятен. Примерный вид хроматограмм, полученных в результате выполненных исследований, приведен ниже на рисунке.



М – семена мака; С – маковая солома; К – контрольная проба с метчиками.

Рисунок – Пластина с исследуемыми образцами, проявленная реактивом Марки

Для подтверждения идентификации веществ, помимо наличия характерной окраски, рассчитывали значения подвижностей, которые составили: морфина – 0,32-0,36; кодеина – 0,53-0,57; тебаина – 0,69-0,71.

Совпадение окраски пятен и значений подвижностей компонентов для контрольной пробы и исследуемых образцов на пластине свидетельствовало о наличии морфина, кодеина и тебаина в исследуемых образцах. Нами выявлено наличие всех трёх компонентов (морфина, кодеина, тебаина) в образцах маковой соломы и отсутствие перечисленных опиоидных алкалоидов в образцах семян мака.

Дать количественную оценку содержания определенных алкалоидов в исследованном сырье по полученным хроматограммам чаще всего затруднительно, так как в отсутствие такой задачи не выполнялось условие полной воспроизводимости условий анализа, а именно не были строго постоянными степень концентрирования проб и размер аликвот, наносимых на пластинку.

Список использованных источников

1. Кирхнер, Ю. Тонкослойная хроматография. М.: Мир, 1981. 616 с.
2. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам / О. Микеш и др.; под ред. О. Микеша. М.: Мир, 1982. - 400 с. : ил.

Miskiv V.M., Burd G.A.

ANALYZING OPIATES USING METHODS OF THIN-LAYER CHROMATOGRAPHY IN MEDICOLEGAL PROCEEDINGS IN GRODNO

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Opium alkaloids were discovered in plant samples *Papaver somniferum* (poppy seeds and poppy straw) using method of thin-layer chromatography.

Keywords: opiates, thin-layer chromatography, eluent, Marquis reagent.

ДИНАМИКА КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ПАТОГЕННОСТИ ПОГОДЫ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ ЗА ПЕРИОД 2006-2015 гг.

Н.В. Мойсейчук

Брестский государственный университет имени Александра Сергеевича Пушкина, Брест

Собран и обработан объемный статистический материал по ряду метеорологических параметров (температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость ветра, облачность и атмосферное давление) за период 2006-2015 гг., произведены расчеты частных и комплексного индекса патогенности погоды г. Бреста и дана оценка погодных условий по степени раздражающего действия метеорологических факторов на человека.

Ключевые слова: климат, патогенность погоды, комфортность погодных условий.

Одним из актуальных направлений в области современных исследований качества природной среды является изучение влияния погоды и климата на психическое и физиологическое здоровье человека. Исследование свойств метеорологических процессов и явлений, их динамики в пространстве и во времени позволяет проследить изменение климатических условий, раскрыть физиологическую сущность влияния климата и погоды на живые организмы, дать поэлементную и комплексную биоклиматическую оценку их воздействия на человека.

Погода и климат влияют на человека прямо и косвенно. Прямое влияние погоды ведет к физиологическим изменениям в организме, к которым человек легко приспосабливается, а при экстремальных влияниях приводит к патологическим изменениям: простудным заболеваниям, перегреву и пр. Влияние погоды на человека проявляется в патологических реакциях у так называемых «метеочувствительных» больных и в ухудшении самочувствия у здоровых людей, находящихся в комфортных условиях помещения [1].

Оценка погодных условий г. Бреста проведена с помощью метода, предложенного Г.Д. Латышевым и В.Г. Бокшей (1965) для количественного определения степени раздражающего действия погодных факторов на организм человека [2]. Метод основан на определении индексов патогенности элементов погоды: частные определяются как математическая функция параметров погоды, комплексный индекс патогенности по метеофакторам (КИПМ) как сумма частных индексов патогенности. Оптимальные значения параметров патогенности, при которых возникает минимум метеопатических реакций: температура воздуха 18°C, относительная влажность 50%, скорость ветра 0 м/с, облачность 0 баллов, межсуточная изменчивость давления 0 гПа, межсуточная изменчивость температуры 0°C. Расчет индексов основан на отклонении основных метеорологических элементов от оптимальных значений выполнены по следующим уравнениям:

Индекс патогенности температуры воздуха (ИПТВ):

$$i_t = 0,02(18-t)^2,$$

где t – среднесуточная температура воздуха, °С.

Индекс патогенности влажности воздуха (ИПВВ):

$$i_h = |h-50| / 4, \text{ при } 10 \leq h \leq 90\%,$$

$$i_h = |h-50| / 2, \text{ при } h < 10\% \text{ и } h > 90\%,$$

где h – среднесуточная относительная влажность воздуха, %.

Индекс патогенности ветра (ИПВ):

$$i_v = 0,2v^2,$$

где v – среднесуточная скорость ветра, м/с.

Индекс патогенности облачности (ИПО):

$$i_n = 0,06n^2,$$

где n – общая облачность, баллы.

Индекс патогенности изменения атмосферного давления (ИПМИАД):

$$i_{\Delta p} = 0,06(\Delta p)^2,$$

где Δp – межсуточное изменение атмосферного давления, мб/сут.

Индекс патогенности изменения температуры воздуха (ИПМИТВ):

$$i_{\Delta t} = 0,03(\Delta t)^2,$$

где Δt – межсуточное изменение температуры воздуха, °C/сут.

Комплексный индекс патогенности по метеофакторам (КИПМ):

$$I = i_t + i_h + i_v + i_n + i_{\Delta p} + i_{\Delta t},$$

где I – комплексный индекс патогенности по метеофакторам, $i_t + \dots + i_{\Delta t}$ – частные индексы патогенности отдельных метеофакторов.

Индексы патогенности дают возможность выявить степень раздражающего действия на человека отдельных метеорологических элементов и погоды в целом, определить характер ее изменения и уровень патогенности.

Для оценки погодных условий использованы следующие градации КИПМ: оптимальная погода – $I = 0-9$, раздражающая погода – $I = 10-24$, острая погода – $I = 25$ и более.

В ходе проведенного исследования установлено, что по годам значение КИПМ различны (рисунок).

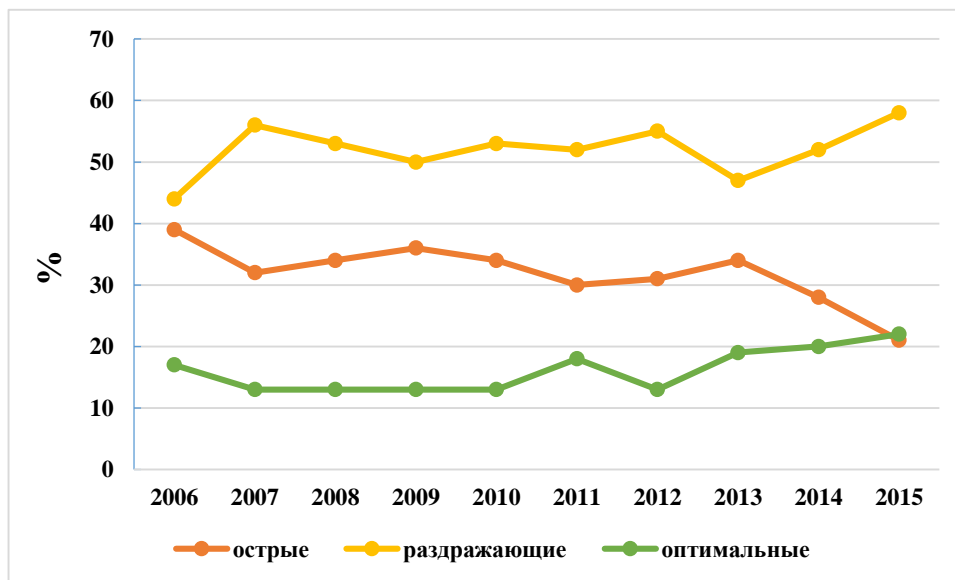


Рисунок – Ход КИПМ за период 2006-2015 гг.

Из года в год наблюдается снижение доли дней с острыми погодными условиями с 39% в 2006 году до 21% в 2015 году. Доля дней с раздражающими погодными условиями возросла в 2007 году (от 44% до 56%) и снизилась к 2009 году до 50%, с 2010 по 2012 она варьировалась в пределах 53%, в 2013 году наблюдается резкий спад до 47%, а в последующие годы происходит рост до 58% в 2015 году. Доля дней с оптимальными погодными условиями до 2010 года не претерпевала никаких изменений, лишь в 2011 году наблюдается резкий скачок (с 13% в 2010 году до 18% в 2011 году и снова спад до 13% в 2012 году). С 2013 года доля оптимальных погодных условий возросла от 19% до 22%. Отличительной особенностью 2015 года является то, что впервые доля дней с оптимальными погодными условиями превысила долю дней с острыми погодными условиями (на 1%), что свидетельствует о том, что погодные условия становятся более благоприятными для человека в целом.

Наибольшая доля острых погодных условий в городе Бресте приходится на зимние месяцы. В этот период индекс патогенности температуры воздуха возрастает, т.к. в

большинство дней среднесуточная температура воздуха низкая, индекс патогенности облачности в зимний период максимальный по сравнению с другими сезонами, повышается индекс патогенности влажности воздуха. Совокупность этих факторов образуют острые погодные условия на территории г. Бреста, что подтверждается высокими показателями заболеваемости населения в зимний период.

Наиболее благоприятный период для населения г. Бреста – летний, т.к. в этот период минимальные показатели изменчивости температуры воздуха, влажности воздуха, облачности, межсуточного изменения атмосферного давления. И как следствие – низкие показатели заболеваемости населения.

В ходе исследования было установлено, что в городе Бресте в 2006-2015 гг. наблюдалось 52% дней с раздражающими погодными условиями, 32% дней с острыми погодными условиями, и 16% дней с оптимальными погодными условиями.

Наиболее комфортными месяцами для жизнедеятельности населения являются май, июнь, июль и август; наименее комфортными месяцами являются ноябрь, декабрь, январь и февраль. За исследуемое десятилетие из года в год не установлено преобладание в течение месяца (50% и более) оптимальных погодных условий.

За исследуемый период наиболее комфортным годом для населения являлся 2015 г., т.к. в нем количество дней с оптимальными погодными условиями впервые превысило количество дней с острыми погодными условиями. В 2006 году наблюдалась наибольшая доля дней с острыми погодными условиями и наименьшие доли дней с раздражающими и оптимальными погодными условиями за исследуемый период.

На комфортность погодных условий влияет комплекс метеорологических факторов, из них можно выделить температуру и влажность воздуха, и облачность.

Проведенная оценка может стать основой для исследования, которое позволит выявить влияние погодных условий на возникновение заболеваний населения города Бреста, а также основой для создания географической информационной системы биоклиматической оценки влияния погоды на человека и принятия на ее основе разнообразных решений по оптимизации среды жизнедеятельности населения страны. Учет и своевременная профилактика метеотропных реакций позволит в значительной степени ослабить отрицательное действие неблагоприятных погодных условий на организм человека.

Список использованных источников

1. Витченко, А.Н. Теоретические и прикладные аспекты оценки влияния погоды на человека в природно-хозяйственных регионах Беларуси / А.Н. Витченко // Брэсцкі геаграфічны веснік – 2002. – Т. 2, № 2. – С. 14-23.
2. Бокша, В.Г. Медицинская климатология и климатотерапия / В.Г. Бокша, Б.В. Богуцкий. – Киев: Здоров'я, 1980. – С. 78-79.

N.V. Moiseichuk

DYNAMICS OF INTEGRATED INDEX OF PATHOGENICITY OF WEATHER IN CITY OF BREST

Brest State University named after Alexander Sergeevich Pushkin (Belarus)

The bulk statistical material was collected and processed for a number of meteorological parameters (air temperature, relative air humidity, wind speed, cloudiness and atmospheric pressure) for the period 2006-2015, calculations of the private and complex weather pathicity index of Brest were made and the weather conditions were estimated by the degree of annoying action of meteorological factors per person.

Key words: climate, weather pathogenicity, comfort of weather conditions.

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОБРАЗЦАХ *Calendula officinalis* L.

Е.А. Олендор, Г.А. Бурдь

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Изучено содержание фенольных соединений и флавоноидов в однолетних побегах *Calendula officinalis* L. семейства *Asteraceae*, собранных в июне–августе 2016 года на трех пробных площадях.

Ключевые слова: календула лекарственная, биологически активные вещества, фенольные соединения, флавоноиды.

Растения, которые содержат в значительных количествах биологически активные вещества и могут быть использованы с лечебной целью, называются лекарственными. Активные вещества в растениях накапливаются в разных частях. Наиболее важными из биологически активных веществ растений являются алкалоиды, гликозиды, сапонины, дубильные вещества, флавоноиды, смолы, жирные масла, эфирные масла, камеди, витамины, фитонциды и др. В лекарственных растениях содержится, как правило, не одна, а несколько групп БАВ [1].

Нами в качестве объекта исследования была выбрана календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.). Календула лекарственная в РБ культивируется как лекарственное и декоративное растение. Цветочные корзинки календулы содержат каротин, цитроксантин, рубиксантин, виолоксантин, ликопин, флавохром, флавоноиды, смолы, фитонциды и органические кислоты – салициловую и яблочную. Чем ярче окрашены цветки календулы, тем больше в них содержится каротина. В листьях этого растения найдено горькое вещество календен, а также сапонины и витамин С. Приятный запах календулы обусловлен наличием в ее цветках эфирного масла (около 0,02 %) [2]. Входящие в состав данного растения биологически активные вещества обуславливают следующие его фармакологические свойства:

- противовоспалительное;
- ранозаживляющее;
- бактерицидное;
- спазмолитическое;
- желчегонное;
- седативное;
- кардиотоническое и гипотензивное.

Нами было определено содержание суммы фенольных соединений и флавоноидов в соцветиях и листьях *Calendula officinalis* L. Сбор растительного сырья проводился трехкратно с июня по август 2016 года на трех пробных площадях: г. Скидель, Гродненский район (ПП 1); г.п. Острино, Щучинский район (ПП 2); д. Плотница, Столинский район (ПП 3). Сырье подвергалась воздушной сушке в тени при комнатной температуре. Количественные определения проводились по методике [3]. Результаты фитохимического анализа представлены ниже в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Содержание суммы фенольных соединений в надземных органах календулы лекарственной

ПП	X_1 , мкг/г	X_2 , мкг/г	X_3 , мкг/г
1	14,45 ± 2,90	20,08 ± 5,13	17,41 ± 2,44
2	13,26 ± 0,54	15,53 ± 4,58	13,3 ± 10,5
3	7,88 ± 4,59	8,40 ± 1,92	6,05 ± 0,99

Примечание: X_1 , X_2 , X_3 – содержание фенольных соединений в растительном сырье, собранном в июне, июле и августе соответственно.

Как видно из приведенных в таблице данных, содержание фенольных соединений в исследованных образцах зависит как от места произрастания лекарственного сырья (ПП 1 – 3), так и от времени его сбора. Во всех случаях наблюдается тенденция к повышению содержания фенольных соединений в июле по сравнению с июнем и августом, это различие оставляет от 14 % (для ПП 1 и 3) до 27 % (ПП 2).

Таблица 2 – Содержание флавоноидов в надземных органах календулы лекарственной

ПП	X_1 , мкг/г	X_2 , мкг/г	X_3 , мкг/г
1	0,092 ± 0,021	0,148 ± 0,018	0,072 ± 0,004
2	0,095 ± 0,007	0,110 ± 0,004	0,088 ± 0,025
3	0,038 ± 0,007	0,063 ± 0,009	0,060 ± 0,011

Примечание: X_1 , X_2 , X_3 – содержание фенольных соединений в растительном сырье собранном в июне, июле и августе соответственно.

Полученные результаты показывают, что содержание флавоноидов в исследованных образцах также зависит как от места произрастания лекарственного сырья (ПП 1 – 3), так и от времени его сбора. Содержание флавоноидов, как и суммы фенольных соединений, в соцветиях и листьях календулы существенно выше в июле по сравнению с июнем (от 15 до 40 %) и августом (от 5 до 50 %).

Таким образом, содержание определенных нами биологически активных веществ свидетельствует о том, что предпочтительным временем сбора календулы лекарственной является месяц июль.

Список использованных источников

1. Георгиевский, В.П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В. П. Георгиевский, И. Ф. Комиссаренко, С. Е. Дмитрук. – Новосибирск: Наука, 1990. – 333с.
2. Исмагилов, Р.Р. Календула / Р. Р. Исмагилов, Д. А. Костылев. – Уфа: БГАУ, 2000. – 102 с.: ил. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ovoport.ru/calendula/chim_sostav.htm. – Дата доступа: 30.04.2017.
3. Комарова, М.Н. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья: Методические указания к лаб. занятиям / М.Н. Комарова; под ред. К.Ф. Блиновой. – СПб.: СПХФА, 1998. – 60 с.

Olendor E.A., Burd G.A.

THE CONTENT OF CERTAIN BIO-EFFECTING AGENTS IN *Calendula officinalis* L. SAMPLES

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

The content of phenolic compounds and flavonoids in one-year shoots of *Calendula officinalis* L. of Asteraceae family is studied. The latter gathered in June-August 2016 at three growth plots.

Key words: *Calendula officinalis* L., bio-effecting agents, phenolic compounds, flavonoids.

ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА И ТИОЛ-ДИСУЛЬФИДНОГО СТАТУСА В ПЛАЗМЕ КРОВИ И БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЯХ МОЗГА ПРИ ГЕМИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ

Д.С. Семенович^{1,2}, Е.П. Лукиенко², О.В. Титко², А.О. Збирухович¹, Н.С. Ястремская¹,
А.А. Смирнов¹, О.А. Тарасюк¹, Н.П. Канунникова^{1,2}

*Гродненский государственный университет имени Я.Купалы, Гродно
Институт биохимии биологически активных соединений НАНБ, Гродно*

В условиях гемической гипоксии происходит повышение содержания белковых тиолов, содержания ДФАРС и общей антиокислительной активности в плазме крови. В больших полушариях мозга отмечается повышение уровня общих дисульфидов на фоне снижения уровня общих тиолов, но повышения небелковых тиолов при отсутствии изменений соотношения небелковых тиольных форм к дисульфидным. Активность важнейших ферментов пентозофосфатного пути и цикла трикарбоновых кислот на фоне действия нитрита натрия повышается.

Ключевые слова: гемическая гипоксия, тиолы, дисульфиды, пентозофосфатный путь, антиокислительная активность.

Проблема поддержания энергетического метаболизма в экстремальных ситуациях является особо актуальной для ткани мозга, так как поддержание электрической активности нейронов и прохождение сигналов напрямую зависит от наличия и доступности энергоресурсов нормализации энергетического обмена. Если же приток энергосубстратов затрудняется, в клетках мозга начинают включаться механизмы апоптоза или некроза.

Широкое распространение нейродегенеративных патологических состояний, тяжелые последствия подобных нарушений в клинике обуславливают высокую актуальность изучения механизмов биохимических нарушений, приводящих к нейродегенерации, в первую очередь роли соотношения системы глутатиона, энергетического метаболизма и пентозофосфатного цикла в поддержании способности мозга к восстановлению функций при экстремальных условиях, например, при окислительном стрессе, который является одним из ключевых факторов инициации процессов нейродегенерации [1, 7].

Нами были изучены показатели энергетического обмена, окислительного фосфорилирования и тиол-дисульфидного статуса в плазме крови и больших полушариях мозга крыс на фоне гемической гипоксии, обусловленной введением крысам-самкам нитрита натрия (50 мг/кг, подкожно) [3]. Через 2 часа крысы были выведены из эксперимента, и проводилось изучение биохимических показателей. Развитие окислительного стресса определяли по уровню диметилфенилендиамин-реагирующих субстратов (ДФАРС) [9] и общей антиокислительной активности плазмы [4]. Содержание различных форм тиолов и дисульфидов измеряли в соответствии с методическими указаниями [8]. Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ) определяли спектрофотометрически [2], глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы и 6-фосфоглюконатдегидрогеназы в соответствии с методикой [4].

Установлено, что в условиях гемической гипоксии происходит повышение содержания белковых тиолов, содержания ДФАРС и общей антиокислительной активности в плазме крови (таблица 1).

Изучение показателей тиол-дисульфидного статуса в больших полушариях мозга показало, что в этой структуре мозга отмечается повышение уровня общих дисульфидов на

фоне снижения уровня общих тиолов (таблица 2). Это происходит за счет снижения содержания белковых тиолов и повышения содержания белковых дисульфидов. Соответственно значительно уменьшается соотношение тиольных форм к дисульфидным. Небелковые тиолы при этом повышаются, но соотношение небелковых тиольных форм к дисульфидным не изменяется. Уровень S-глутатионилированных белков в больших полушариях мозга увеличивается.

Таблица 1 – Показатели окислительного стресса в плазме крови крыс после введения нитрита натрия (n=5)

Показатель	Группы	
	Контроль	Нитрит натрия
ДФАРС, у.е/мл плазмы	387,25±8,76	403,42±16,37
Белковые SH-группы, мкмоль/мл плазмы	142,52±14,23	223,64±11,54*
ОАА, %	31,89±1,89	53,24±6,87*
Примечание :*- p<0,05		

Таблица 2 – Показатели тиол-дисульфидного статуса (мкмоль/г ткани) в больших полушариях мозга крыс после введения нитрита натрия (n=5)

Показатель		Контроль	Нитрит натрия
Общие формы	тиолы	26,27±0,19	23,82±1,62*
	дисульфиды	1,65±0,17	2,75±0,25*
	Соотн. SH/SS-групп	15,92±1,63	8,66±1,05*
Небелковые формы	тиолы	2,51±0,12	3,08±0,15*
	дисульфиды	0,45±0,02	0,55±0,10
	Соотн. SH/SS-групп	6,47±0,41	5,75±0,89
Белковые формы	тиолы	23,35±0,21	20,74±1,54*
	дисульфиды	1,24±0,20	2,21±0,26*
	Соотн. SH/SS-групп	19,15±3,05	9,76±1,79*
S-глутатионилированные белки		0,054±0,004	0,068±0,007*
Примечание: * – p<0,05			

В больших полушариях мозга была изучена также активность фермента цикла трикарбоновых кислот СДГ, а также активность таких важнейших ферментов окислительного этапа пентозофосфатного пути, как глюкозо-6-фосфат дегидрогеназа и 6-фосфоглюконат дегидрогеназа на фоне действия нитрита натрия (таблица 3).

Таблица 3 – Активность СДГ (нмоль/мин/мг белка) и активность ферментов окислительного этапа пентозофосфатного пути (нмоль НАДФН/мин/мг белка) в больших полушариях мозга крыс после введения нитрита натрия (n=5)

Показатель	Группы	
	Контроль	Нитрит натрия
СДГ,	21,01±2,14	26,3±□,93*
Глюкозо-6-фосфат дегидрогеназа		
6-фосфоглюконат дегидрогеназа		
Примечание :*- p<0,05		

Показано, что активность всех вышеуказанных ферментов достоверно повысилась при

действии нитрита натрия. Очевидно, эти изменения могут быть следствием компенсаторной активации процессов энергетического обмена и пентозофосфатного пути в условиях нитрозильного стресса.

Учитывая важную роль тиол-дисульфидного статуса в поддержании редокс-баланса в тканях в условиях действия окислительных стрессорных факторов, выявленные нами различия в системе тиолов и дисульфидов можно рассматривать как проявления особенностей развития и выраженности окислительного стресса в отдельных структурах мозга. Обращает на себя внимание, что в условиях нитрозильного стресса сохраняется высокий восстановительный потенциал в плазме крови, тогда как в больших полушариях происходит, очевидно, сдвиг редокс баланса в окисленную сторону, что может приводить к нарушениям метаболизма и повреждению нервной ткани.

Список использованных источников

1. Дубинина, Е.Е. Роль окислительного стресса при патологических состояниях нервной системы / Е.Е.Дубинина // Успехи функц.нейрохимии. Под ред. С.А.Дамбиновой и А.В.Арутюняна. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та. – 2003. – С.285–300.
2. Ещенко, Н.Д. Определение количества янтарной кислоты и активности СДГ / Н.Д. Ещенко, Г.Г. Вольский // Методы биохим. исследований. – Л.: изд-во ЛГУ. – 1982. – С.207-212.
3. Иваницкая Н. Ф. Методика получения разных стадий гемической гипоксии у крыс введением нитрита натрия / Н.Ф. Иваницкая // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. - 1976. - №3. - С.69-71.
4. Камышников, В.С. Клинико-биохимическая лабораторная диагностика. Т.2 / В.С.Камышников // Минск.- 2003.- 463 с.
5. Канунникова, Н.П. Метаболическая коррекция ишемических повреждений ткани мозга / Н.П.Канунникова // LAP Lambert, Academic Publishing.- 2015.- 180 с.
6. Danyelle, M. The importance of glutathione in human disease / M.Danyelle, S.Townsend [et al.] // Biomedicine & Pharmacotherapy. – 2003. – 145–155.
7. McBean, G.J. Thiol redox homeostasis in neurodegenerative disease / G.J.McBean [et al.] // Redox Biology.–2015. – № 5. – P. 186–194.
8. Patsoukis, N. Determination of the thiol redox state of organisms: new oxidative stress indicators / N.Patsoukis, Ch.Georgiou // Anal.Bioanal.Chem.- 2004.- V.378.- P.1783-1792.
9. Verde, V. Use of N,N-dimethyl-p-phenylenediamine to evaluate the oxidative status of human plasma / V.Verde [et al.] // Free Radical Research. – 2002. – Vol. 36, № 8. – P. 869-873.

Semenovich D.S.^{1,2}, Lukiyenko E.P.², Titko O.V.², Zbiruchovich A.O.¹, Yastremskaya N.S.¹, Smirnov A.A.¹, Tarasiuk O.A.¹, Kanunnikova N.P.^{1,2}

CHANGES OF ENERGY METABOLISM AND THIOL DISULFIDE STATUS IN THE BLOOD PLASMA AND HEMISPHERES DURING HEMIC HYPOXIA

¹Yanka Kupala Grodno State University (Belarus)

²Institute of Biochemistry for Biologically Active Substances, National Academy of Science (Belarus)

Under conditions of hemic hypoxia, the content of protein thiols, the content of DFARS, and the overall antioxidant activity in the blood plasma increase. In the cerebral hemispheres there is an increase in the level of total disulfides against the background of a decrease in the level of total thiols, but an increase in non-protein thiols in the absence of changes in the ratio of non-protein thiol forms to disulphide ones. The activity of the most important enzymes of the pentose phosphate pathway and the tricarboxylic acid cycle increases during sodium nitrite action.

Keywords: hemic hypoxia, thiols, disulfides, pentosophosphate cycle, antioxidant activity.

ЭФФЕКТЫ ФЛАВОНОИДОВ НА СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В.В. Сивацкая, Т.А. Коваленя

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Свободнорадикальное окисление приводит к разрушению органических молекул, в первую очередь липидов, и, соответственно, мембранных структур клеток, что часто заканчивается их гибелью. Поэтому в организме функционирует эффективная система ингибирования перекисного окисления липидов (ПОЛ). Полифенолы являются эффективными регуляторами активности клеточных систем антиоксидантной защиты. Флавоноиды краснокочанной капусты эффективно ингибируют процесс перекисного окисления липидов в мембранах эритроцитов, тем самым, предотвращают цепной процесс генерации свободных радикалов.

Ключевые слова: флавоноиды, антиоксидантный эффект, перекисное окисление липидов, цитопротекторные свойства, гемолиз эритроцитов.

Введение. Основная функция эритроцитов - транспорт кислорода от легких к тканям и углекислого газа в обратном направлении. Благодаря высоким концентрациям кислорода и постоянно протекающим процессам оксигенации - деоксигенации гемоглобина, в этих клетках с высокой скоростью идут процессы образования свободных радикалов. Кроме того, в эритроцитах в результате аутокаталитических реакций образуются перекиси и гидроперекиси липидов [1].

Немаловажный вклад в защиту клетки от органических радикалов вносят неферментативные антиоксиданты. Эффективными перехватчиками органических радикалов являются фенольные антиоксиданты, имеющие в структуре ароматическое кольцо, связанное с одной или несколькими гидроксильными группами [1].

Флавоноидами (или биофлавоноидами) называется широкая группа природных полифенолов, содержащих в своей структуре фенольное кольцо. Флавоноиды служат ловушками для свободных радикалов, а также хелатируют ионы металлов, участвующие в перекисном окислении [2]. Флавоноиды обладают широким спектром биологического действия и антиоксидантной активностью, способны корректировать действие окислительного стресса при различных патологиях [3]. В организме животных флавоноиды не образуются и поступают с пищей. Многие гипотезы о влиянии флавоноидов на здоровье человека, включая положительное действие на сердечнососудистую систему, антиканцерогенное действие и т.д., основаны на их антиоксидантных свойствах [2].

Материалы и методы исследования. Для экспериментов *in vitro* с целью выяснения механизмов окислительного повреждения при действии органического трет-бутилгидропероксида (tBHP) экспонирование эритроцитов крыс к окислителю осуществляли с использованием среды следующего состава: 0,15 М КСl, 0,02 М КН₂РO₄, 0,0005 М ЭДТА, рН 7,5.

Окислительный стресс индуцировали в эритроцитах крови крыс, инкубируя с известным окислителем трет-бутилгидропероксидом (tBHP) в определенных концентрациях в течение 60 мин при 25°С.

Для исследования эффектов флавоноидов осуществляли прединкубацию эритроцитов крыс с данными веществами в течение 20 мин при 25°С. Концентрацию стабильных продуктов перекисного окисления мембранных липидов, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой (ТБКРС), в эритроцитах определяли спектрофотометрическим методом, описанным Stocks и соавт. [Stocks, 1971], используя коэффициент молярной экстинкции $\epsilon_{532}=1,56 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. Мембраны осаждали смесью (2 М СН₃СООН и 10% ТХУ в соотношении 1:1). Осадок отделяли центрифугированием при 5000 об/мин в течение 10 минут. К 1 мл супернатанта добавляли 0,25 мл 0,8% раствора тиобарбитуровой кислоты в 0,05 М NaOH. Пробы помещали на кипящую водяную баню на 20 минут для образования окрашенного комплекса.

Результаты и их обсуждение. Реакции перекисного окисления липидов (ПОЛ) являются свободнорадикальными и постоянно происходят в организме.

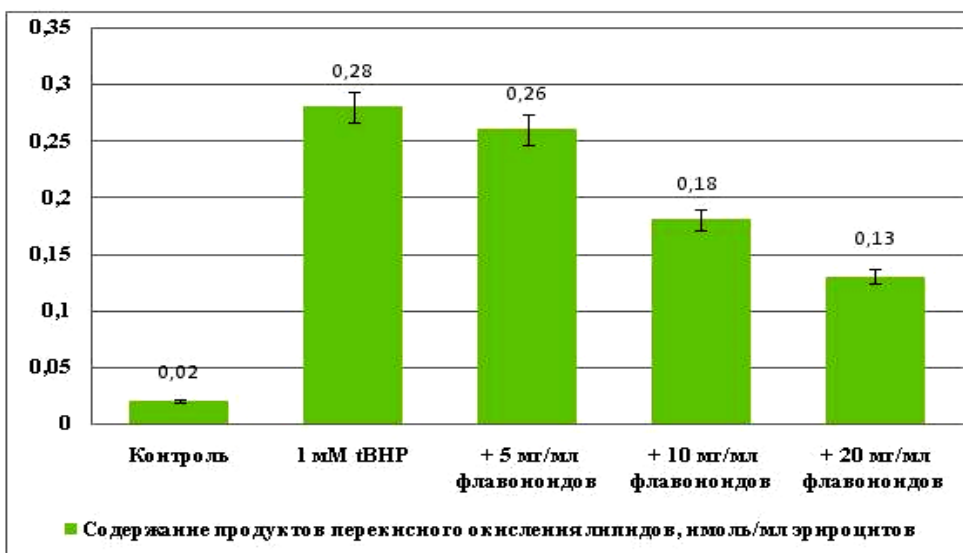


Рисунок 1 – Ингибирование процесса перекисного окисления липидов в эритроцитах крыс комплексом флавоноидов краснокочанной капусты

Внесение органического трет-бутилгидропероксида увеличивает более чем в 10 раз уровень продуктов перекисного окисления липидов. Флавоноиды краснокочанной капусты в концентрации 10-20 мг/мл эффективно ингибируют процесс перекисного окисления липидов в мембранах эритроцитов, тем самым, предотвращают цепной процесс генерации свободных радикалов. Взаимодействуя со свободными радикалами, выступают в виде «сборщиков», тем самым уменьшают накопление продуктов перекисного окисления липидов. Уровень продуктов перекисного окисления липидов в присутствии флавоноидов приближается к их содержанию в контрольных эритроцитах.

Для оценки цитопротекторных свойств флавоноидов краснокочанной капусты определяли возможность предотвращения разрушения эритроцитов крови крыс при окислительном стрессе.

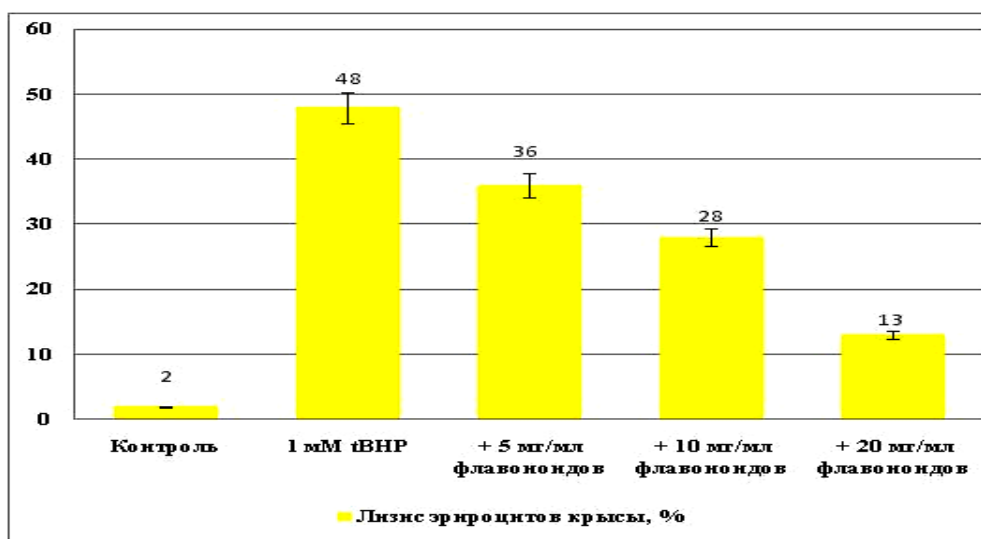


Рисунок 2 – Ингибирование комплексом флавоноидов краснокочанной капусты лизиса эритроцитов крыс органическим трет-бутилгидропероксидом

Окислительный стресс вызывает значительное разрушение эритроцитов (степень гемолиза составляет 48%). В присутствии флавоноидов в концентрации 10-20 мг/мл степень гемолиза значительно уменьшается. Следовательно, флавоноиды краснокочанной капусты ингибируя гемолиз эритроцитов, демонстрируют выраженные цитопротекторные свойства.

Список использованных источников

1. Образование, воспитание, научные работы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sergiy-school.ru>. – Дата доступа: 20.05.2017.
2. Тараховский Ю.С., Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. // Пушино: Synchrobook, 2013 – 310 с.
3. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer / E. Middleton, Jr. [et al.] // Pharmacol. Rev. – 2000. – Vol. 52, № 4. – P. 673-751.

Sivatskaya V.V., Kovalenya T.A.

EFFECTS OF FLAVONOIDS ON THE STATUS OF THE ANTIOXIDANT DEFENSE SYSTEM IN ERYTHROCYTES UNDER OXIDATIVE EXPOSURE

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Free-radical-induced oxidation leads to the destruction of the main organic molecules, primarily lipids and, consequently, to the cell membrane structure impairments, often resulting in cell death. Therefore, there is an effective system of inhibition of membrane lipid peroxidation (LPO) in the body. Polyphenols are effective regulators of the activity of the cellular antioxidant defense system. Flavonoids of red cabbage effectively inhibit the process of lipid peroxidation in erythrocyte membranes, thereby, prevent the chain process of free radical generation.

Keywords: flavonoids, antioxidant effect, lipid peroxidation, the cytoprotective properties, hemolysis of red blood cells.

УДК 615.332

СОДЕРЖАНИЕ СУММЫ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ФЛАВОНОИДОВ В ОБРАЗЦАХ *Capsella bursa-pastoris*

Е.П. Цесловская, Г.А. Бурдь

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Изучено содержание суммы фенольных соединений и флавоноидов в однолетних побегах *Capsella bursa-pastoris* семейства *Brassicaceae*, собранных в июне-августе 2016 года на трех пробных площадях, различающихся экологическими параметрами.

Ключевые слова: лекарственные растения, пастушья сумка обыкновенная, биологически активные вещества, фенольные соединения, флавоноиды.

Одним из актуальных направлений современной медицины, фармакологии и косметологии является использование препаратов растительного происхождения взамен химических [1]. Биологически активные вещества (БАВ) растений обладают выраженной фармакологической активностью (их еще называют действующими веществами). В лекарственных растениях содержится, как правило, не одна, а несколько групп БАВ, поэтому так часто используют экстракционные препараты из лекарственного растительного сырья - настои, отвары, настойки, экстракты. Используя различные технологические приемы, добиваются более полного извлечения из растительного сырья отдельных групп БАВ для направленного фармакологического действия [3].

Нами в качестве объекта исследования была выбрана пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*). Пастушья сумка обыкновенная, одно из наиболее распространенных растений на территории РБ и многих зарубежных стран, хорошо известна в медицине как гемостатическое средство. Надземная часть растения содержит комплекс фенольных соединений, среди которых преобладают флавоноиды, кумарины и др.

Нами было определено содержание суммы фенольных соединений и флавоноидов в образцах надземных органов *Capsella bursa-pastoris* сбора 2016 года из трёх пробных площадей, различающихся экологическими параметрами. Сбор растительного сырья проводился трехкратно: в июне, июле, августе. Сырье подвергалась воздушной-теновой сушке при комнатной температуре. Количественные определения проводились по методике [2]. Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Содержание суммы фенольных соединений в надземной части (траве) *Capsella bursa-pastoris*

№ ПП	X_1 , мкг/г	X_2 , мкг/г	X_3 , мкг/г
1	$7,74 \pm 0,87$	$7,17 \pm 1,05$	$6,82 \pm 1,49$
2	$11,26 \pm 1,06$	$10,69 \pm 0,85$	$10,10 \pm 3,63$
3	$10,84 \pm 1,54$	$10,10 \pm 1,41$	$9,74 \pm 1,14$

Примечание: ПП – пробная площадь; X_1 , X_2 , X_3 – содержание фенольных соединений в растительном сырье, собранном в июне, июле и августе соответственно.

Как видно из приведенных в таблице данных, содержание фенольных соединений практически не показывает существенного различия в зависимости от времени сбора растительного сырья, различия же в зависимости от места произрастания более заметны: в образцах *Capsella bursa-pastoris*, собранных на ПП 1, содержание фенольных соединений стабильно ниже (различия достигают 30 %).

Таблица 2 – Содержание флавоноидов в надземной части (траве) *Capsella bursa-pastoris*

№ ПП	X_1 , мкг/г	X_2 , мкг/г	X_3 , мкг/г
1	$0,054 \pm 0,014$	$0,054 \pm 0,014$	$0,049 \pm 0,024$
2	$0,071 \pm 0,004$	$0,070 \pm 0,017$	$0,061 \pm 0,012$
3	$0,069 \pm 0,005$	$0,057 \pm 0,013$	$0,056 \pm 0,007$

Примечание: ПП – пробная площадь; X_1 , X_2 , X_3 – содержание фенольных соединений в растительном сырье, собранном в июне, июле и августе соответственно.

Из приведенных результатов видно, что содержание флавоноидов во всех образцах показывает тенденцию к уменьшению за весь период наблюдения, т.е. от июня к августу (различия составляют от 5 % до 17 %). При этом для различных ПП не выявлено однозначных зависимостей при переходе от июня к июлю и от июля к августу – для растительного сырья, собранного на ПП 1 и 2 содержание флавоноидов в июне-июле остается практически постоянным, а для сырья ПП 3 содержание флавоноидов мало меняется в июле-августе, в то время как по сравнению с июнем имеет место явное (более 10 %) уменьшение.

По суммарной оценке содержания фенольных соединений и флавоноидов в качестве оптимального времени сбора указанного лекарственного сырья можно рекомендовать июнь-июль.

Список использованных источников

1. Кузнецова, М. А. Лекарственное растительное сырьё и препараты / М. А. Кузнецова. – Минск: Высшая школа, 1987. – 192 с.
2. Комарова, М.Н. Фитохимический анализ лекарственного растительного сырья: Методические указания к лаб. занятиям / М.Н. Комарова; под ред. К.Ф. Блиновой. – СПб.: СПХФА, 1998. – 60 с.
3. Георгиевский, В. П. Биологически активные вещества лекарственных растений / В. П. Георгиевский, И. Ф. Комиссаренко, С. Е. Дмитрук. – Новосибирск: Наука, 1990. – 333 с.

Ceslovskaya E.P., Burd G.A.

THE CONTENT OF TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS AND FLAVONOIDS IN *Capsella bursa-pastoris* SAMPLES

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

The content of total phenolic compounds and flavonoids in one-year shoots of *Capsella bursa-pastoris* of Brassicaceae family is studied. The latter gathered in June-August 2016 at three growth plots, differing by environmental attributes.

Keywords: drug plants, *Capsella bursa-pastoris*, bio-affecting agents, phenolic compounds, flavonoids.

**КУЛЬТУРА КЛЕТОК РАСТЕНИЙ *IN VITRO* – СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ БИОЭКОНОМИКИ**

В.М. Юрин, Т.И. Дитченко, С.Н. Филиппова
Белорусский государственный университет, Минск

Рассмотрены подходы, направленные на оптимизацию условий культивирования *in vitro Echinacea purpurea* и *Catharanthus roseus* в качестве источника экологически чистых соединений (фенилпропаноиды, алкалоиды и флавоноиды, соответственно). Показано, что развиваемые приемы позволяют значительно повысить биосинтетический потенциал культур *Echinacea purpurea* и *Catharanthus roseus*, которые по своим продукционным характеристикам не уступают традиционно используемому лекарственному сырью.

Ключевые слова: биоэкономика, культуры клеток, фенилпропаноиды, алкалоиды, флавоноиды, *Echinacea purpurea*, *Catharanthus roseus*.

По определению Европейских технологических платформ (European Technology Platforms): «Биоэкономика относится к устойчивому производству и преобразованию биомассы в ассортимент продуктов питания, здравоохранения, волокна, промышленных изделий, энергии и возобновляемый биомассы». Специфика биоэкономики, как системы народного хозяйства, заключается в том, что в качестве средства производства выступают разнообразные живые организмы.

Культура клеток растений имеет научное и практическое значение. В первом случае культуры клеток, представляющие собой гомогенную популяцию генетически однородных клеток, растущих в постоянных условиях, представляют собой удобные модели для изучения действия на клеточном уровне физиолого-биохимических процессов и модифицирующего действия на них физических, химических и биологических факторов.

В коммерческих целях методы культуры клеток используют для микрклонального размножения ценных растений и производства биологически активных веществ (БАВ). Важными составляющими развития подходов создания культуры клеток и тканей и получения БАВ, являются с одной стороны – получение экологически чистых продуктов независимо от климата, сезона, погоды, с другой – повышение биопродуктивности, включающее высокие скорости прироста биомассы и выход целевого продукта. Последнее и предполагает развитие путей для реализации поставленных задач.

На примере культур клеток лекарственных растений (эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L. Moench.) и катарантус розовый (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don)) рассмотрим некоторые аспекты биоэкономики, в частности приемы повышения выхода вторичных метаболитов, являющихся лекарственными субстанциями.

Ведущей группой биологически активных соединений *E. purpurea* выступают фенилпропаноиды, наиболее характерными из которых являются цикориевая кислота (дикофеилвинная кислота) и эхинакозид [1]. Обнаружены и другие гидроксикоричные кислоты (ГКК) и их производные, в частности, *n*-кумаровая, феруловая, кофейная, хлорогеновая кислоты. Данные соединения характеризуются иммуномодулирующим, антиоксидантным, противовоспалительным, противовирусным, адаптогенным и тонизирующим действием.

Среди ценных фармакологически активных веществ *C. roseus* выделяют терпеновые индольные алкалоиды, танины, сапонины, стероиды, фенолы, глюкозиды, пектины и пигменты [2]. Особую фармакологическую значимость среди алкалоидов имеют аймалицин, а также серпентин [3]. В катарантусае розовом выявлен широкий спектр фенольных соединений, в частности флавоноидов, антоцианов. Важно отметить, что состав ценных вторичных метаболитов и их количественное содержание в катарантусае розовом значительно варьирует в зависимости от сорта и условий произрастания. Поскольку *C. roseus* является эндемичным для тропических и субтропических климатических поясов планеты, его культивирование и заготовка в открытом грунте в условиях климата Беларуси представляется невозможным.

В настоящей работе каллусные культуры инициировали из эксплантов листового происхождения и для их выращивания использовалась питательная среда по прописи Мурасиге и Скуга (МС), включающая 3% сахарозы и фитогормоны. В качестве ауксинов использовали 2,4-Д и ИУК, в качестве цитокининов – кинетин.

Поскольку содержание исследуемых фармакологически активных соединений в каллусах было значительно ниже, чем в нативных растениях, были проведены исследования по оптимизации состава питательной среды и физических условий культивирования.

Согласно Государственной Фармакопеи Республики Беларусь качество травы эхинацеи пурпурной регламентируется статьей «Эхинацеи пурпурной трава» [4], где указано, что содержание суммы производных ГКК в сухом сырье в пересчете на цикориевую кислоту должно быть не менее 2,1%. Содержание ГКК в первичном каллусе *E. purpurea* было крайне низким и составляло в среднем $0,29 \pm 0,03\%$ сух.в., т.е. полученные каллусные культуры значительно уступали традиционному сырью данного лекарственного растения. Путем целенаправленного изменения минеральной основы питательной среды МС (полное исключение источников аммонийного азота, снижение вдвое концентрации нитратного азота), использования повышенной концентрации источника углеводного питания (сахароза 4%), полного исключения из состава питательной среды 2,4-Д и ее замены на другой синтетический ауксин 1-НУК в концентрации 1,0-2,0 мг/л, а также культивирования на свету были получены клеточные линии *E. purpurea*, в которых содержание ГКК составляло в среднем $5,46 \pm 0,51\%$ сух.в. [5]. Таким образом, использование продукционной питательной среды для культивирования каллусов *E. purpurea* и оптимизация условий освещения позволили добиться двукратного превышения уровней накопления ГКК по сравнению с традиционно используемым сырьем.

Разработанная для каллусной культуры продукционная питательная среда была использована и для выращивания суспензионной культуры эхинацеи пурпурной, поскольку биотехнологическое производство вторичных метаболитов растений основано преимущественно на суспензионной культуре. При этом было обнаружено, что изменение способа культивирования не приводило к снижению биосинтетического потенциала и ростовой активности культуры (время удвоения биомассы в экспоненциальную фазу $2,9 \pm 0,2$ сут). Эффективным приемом, направленным на повышение синтеза вторичных метаболитов в суспензионных культурах растительных клеток, является иммобилизация. В нашей работе включение клеток гетеротрофной культуры *E. purpurea* в гранулы Са-альгинатного геля приводило не только к существенному повышению внутриклеточного содержания фенилпропаноидов, но и их экскреции в среду инкубации, что является обязательным условием для практического использования иммобилизованных растительных клеток. Проведение процедуры иммобилизации клеток фотомиксотрофной суспензионной культуры *E. purpurea* оказалось менее эффективным. Использование продукционной питательной среды позволило дополнительно повысить суммарное содержание целевых вторичных метаболитов в иммобилизованных клетках гетеротрофной культуры *E. purpurea*.

В результате тщательного подбора фитогормонального состава и целенаправленной селекции были также получены две перспективные каллусные линии *S. roseus*: алкалоид-продукционная и флавоноид-продукционная, характеризующаяся сверх-синтезом антоцианов. Для их получения был исключен из состава питательной среды 2,4-Д и замен на синтетический ауксин – 1-НУК (для первой линии – в концентрации 1,0 мг/л, а для второй – 0,1 мг/л). Алкалоид-продукционная каллусная линия культивировалась в темноте, в то время как флавоноид-продукционная – на свету при интенсивности освещения – $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ и режиме – 16/8 часов свет/темнота. Согласно данным наших исследований, содержание аймалицина и серпентина в гетеротрофной алкалоид-продукционной каллусной ткани *S. roseus* составляло $0,03 \pm 0,005$ и $0,1 \pm 0,01$ %, соответственно. Полученные значения вполне совпадают по величине с уже известными данными о накоплении указанных метаболитов в корнях *S. roseus*. Так, согласно данным других исследователей, содержание аймалицина в

корнях составляет 0,03-0,05 %, в то время как серпентин в катарантусе розовом накапливается в концентрации 0,2-0,28 % [6-7].

Накопление флавоноидов в каллусной линии *C. roseus*, продуцирующей антоцианы, по данным наших исследований, составляло $3,04 \pm 0,06\%$, что было выше по сравнению с содержанием исследуемых метаболитов в листьях катарантуса розового. Так, по данным различных исследователей, накопление данных метаболитов варьирует, примерно, от 0,6 до 1,8% [8-9].

В результате, использование модифицированной питательной среды для культивирования каллусов *C. roseus* и применение условий освещения позволили, как и для *E. purpurea*, добиться сравнимого с уровнем накопления исследуемых метаболитов в нативных растениях, произрастающих в тропических и субтропических климатических поясах планеты. Учитывая высокие ростовые параметры полученных каллусных линий (время удвоения биомассы для алкалоид-продукционного каллуса составляет – 3,4 сут., а для флавоноид-продукционного – 2,9 сут.), полученные каллусные линии могут представлять собой высоко ценный источник сырья для извлечения фармакологически-активных соединений.

Таким образом, высокие скорости прироста биомассы полученных культур, а также возможность получения целевого продукта в течение всего года, экономия площадей и др., позволяют рассматривать культуры клеток и тканей эхинацеи пурпурной и катарантуса розового в качестве перспективных источников БАВ, которые по своим продукционным характеристикам не уступают традиционно используемому лекарственному сырью. Проведенные исследования доказывают, что использование культуры клеток и тканей растений с целью получения БАВ выгодно в экономическом и экологическом аспектах.

Список использованных источников

1. Куркин, В.А. Фармакогнозия / В.А. Куркин. – Самара: ООО «Офорт», 2007. – 1239 с.
2. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus*) to tryptophan and putrescine / I.M. Talaat [et al.] // International journal of agriculture and biology. – 2005. – Vol. 7. – P. 210–213.
3. Pharmacological effects of *Catharanthus roseus* root alkaloids in acetylcholinesterase inhibition and cholinergic neurotransmission / D.M. Pereira [et al.] // Phytomedicine. – 2010. – Vol. 8. – P. 646–652.
4. Государственная Фармакопея Республики Беларусь. Том 2. Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья. Под общ. ред. А.А. Шерякова. – Молодечно: Победа, 2008. – С. 457–459.
5. Дитченко, Т.И. Разработка состава продукционной питательной среды для культивирования каллусной ткани эхинацеи пурпурной в качестве источника гидроксикоричных кислот / Т.И. Дитченко, В.М. Юрин // Труды Белорусского государственного университета. Серия «Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем». – 2011. – Т. 6, Ч. 1. – С. 39–46.
6. The effect of AM fungi and phosphorous level on the biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* / K. Balathandayutham [et al.] // EurAsian Journal of BioSciences. – 2008. – Vol. 2. – P. 26–33.
7. Genetic diversity and alkaloid production in *Catharanthus roseus*, *C. Trichophyllus* and their hybrids / M. Sevestre-Rigouzzo [et al.] // Euphytica. – 1993. – Vol. 66. – P. 151–159.
8. Kaur S. Study of total phenolic and flavonoid content, antioxidant activity and antimicrobial properties of medicinal plants / S. Kaur, P. Mondal // Journal of microbiology and experimentation. – 2014. – Vol. 1. – Iss. 1. – P. 1–6.
9. Maneesha, D. Phytochemical status of some selected medicinal plants (*Eclipta alba*, *Catharanthus roseus* and *Swertia chirata*) / D. Maneesha, S. Maneesha // Asian journal of plant science and research. – 2014. – Vol. 4. – Iss. 5. P. 28–34.

Yurin V.M., Ditchenko T.I., Filipava S.N.

PLANT CELL CULTURES – THE COMPONENT OF ECO-FRIENDLY BIOECONOMICS Belarusian State University (Belarus)

The paper highlights some of the approaches which are applicable to optimization of *in vitro* cultivation conditions of *Echinaceae purpurea* and *Catharanthus roseus* as a source of eco-friendly compounds (phenylpropanoids, alkaloids and flavonoids, respectively). The findings may find practical application in increasing of *Echinaceae purpurea* and *Catharanthus roseus* callus cultures biosynthetic potential.

Keywords: bioeconomics, cell cultures, phenylpropanoids, alkaloids, flavonoids, *Echinacea purpurea*, *Catharanthus roseus*.

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И УПРАВЛЕНИЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

UDC 579.25

POLIMORFIZM GENÓW *VIP3A* U *BACILLUS THURINGIENSIS* ZE ZRÓŻNICOWANYCH ŚRODOWISK NATURALNYCH

A. Fiodor, J.M. Drewnowska, I. Świącicka

Zakład Mikrobiologii, Instytut Biologii, Uniwersytet w Białymstoku

Состав и качество бактериальных токсинов (энтомопатогенных) *Bacillus thuringiensis* могут отличаться между типами сред, у поэтому они являются одним из факторов в эволюции микроорганизмов. Целью данного исследования было оценить степень полиморфизма нуклеотидных последовательностей *vip3* белковых генов 22 *B. thuringiensis*, выделенных из почвенных образцов из сред с различными физико-химическими свойствами (например, pH и количество органического вещества) северо-восточной Польши, а именно: Беловежский Национальный Парк, Бебжанский Национальный Парк, Нарвянский Национальный Парк и фермы в деревне Ясенювка около Семятыч. Филогенетический анализ не показал никаких различий между последовательностями генов *vip3*, потому что качество белка (вирулентность токсина) является настолько высоко эффективным против некоторым организмов.

Ключевые слова: *Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis*, белок Vip3A, ген *vip3A*, полиморфизм, бактериальные токсины.

Wśród tlenowych, Gram-dodatnich laseczek *Bacillus cereus sensu lato* największe znaczenie ekologiczne, medyczne i ekonomiczne mają *Bacillus thuringiensis* (*B. thuringiensis*) [1]. Białka Cry występujące u *B. thuringiensis* są endotoksynami o bardzo dobrze poznanej sekwencji aminokwasowej i są one syntetyzowane podczas sporulacji w postaci kryształów. Po przedostaniu się ich wraz z pokarmem do jelita larwy owada, toksyna ta ulega aktywacji na skutek działania enzymów trawiennych, co u wybranych gatunków owadów wywołuje efekt letalny [2, 3]. Natomiast białka Vip, wybiórczo toksyczne w stosunku do określonych gatunków owadów, produkowane są podczas wegetatywnej fazy wzrostu bakterii i nie wchodzą w skład kryształów. Nie wykazano podobieństwa sekwencji nukleotydomowych pomiędzy genami kodującymi toksyny Cry i Vip, podczas gdy mechanizm ich aktywacji i działania znacząco różni się od siebie [4].

Różnorodność toksyn Cry i ekologia szczepów *B. thuringiensis* jest dobrze znana [1, 3, 5] zaś dużo mniej uwagi poświęca się toksynom kodowanym przez geny *vip* (ang. vegetative insecticidal proteins). Białka Vip zostały sklasyfikowane do trzech rodzin: Vip1, Vip2, Vip3, ale jedynie toksyny Vip3A ze względu na właściwości i potencjalnie silne oddziaływanie na wiele gatunków owadów, będących szkodnikami roślin uprawnych, są ekonomicznie istotne [3].

Celem niniejszych badań było oszacowanie stopnia zmienności sekwencji nukleotydomowych genów kodujących białka Vip3A wśród 22 izolatów *B. thuringiensis* pozyskanych z prób gleby ze środowisk różniących się właściwościami fizyko-chemicznymi (m.in. pH oraz ilością substancji organicznych) i presją antropogeniczną z północno-wschodniej Polski, tj.: Białowieskiego Parku Narodowego, Biebrzańskiego Parku Narodowego, Narwiańskiego Parku Narodowego oraz gospodarstwa rolnego we wsi Jasienówka koło Siemiatycz. Z uwagi na fakt, że naturalne środowisko

bytowania mikroorganizmów oddziałuje na bakterie, a to ma wpływ na skład genomu bakteryjnego, postawiono następującą hipotezę badawczą: Sekwencje nukleotydowe genów kodujących białka Vip3A różnią się wśród izolatów *B. thuringiensis* pochodzących z różnych środowisk północno-wschodniej Polski. Dotychczas większość badań skupiona była na genach *vip1*, *vip2* oraz *cry* [1, 4], dlatego też tego typu analiza pozwoliła uzupełnić wiedzę o białkach Vip3A oraz wpływie środowiska na występowanie genów kodujących toksyny owadobójcze.

W badaniach wstępnych wykorzystano metodę PCR w celu wyselekcjonowania szczepów posiadających geny *vip3A* spośród 293 szczepów *B. thuringiensis*, wśród których poszukiwany gen stwierdzony został w 22 izolatach pochodzących z Białowieskiego Parku Narodowego (1 izolat), Biebrzańskiego Parku Narodowego (4), Narwiańskiego Parku Narodowego (13) oraz gospodarstwa rolnego (4) we wsi Jasienówka. Szczepy pozytywne na obecność tego genu stanowiły materiał do badań. Środowiska te różniły się m.in. wartością pH, dostępnością soli mineralnych i substancji organicznych.

Na początku zastosowano reakcję PCR ze starterami dla całej ramki odczytu genu *vip3A* [6] dzięki wcześniej wyizolowanemu genomowemu DNA za pomocą zestawu DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen) z zastosowaniem protokołu dla bakterii Gram-dodatnich [6]. Prawidłowość przeprowadzonej reakcji oraz wielkość namnożonego fragmentu DNA została oszacowana po rozdzieleniu produktu PCR w żelu agarozowym. Następnie produktu PCR (oczyszczony zestawem CleanUp (A&A Biotechnology) został wklonowany do wektora pGEM-T Easy (Promega Corporation, Madison, USA). Szczep *Escherichia coli DH5a* został poddany transformacji rekombinowanym wektorem pGEM-T Easy i namnożony w podłożu LB (Luria-Bertani) z ampicyliną (100 mg/mL), a plazmid został wyizolowany z zastosowaniem zestawu Wizard Plus Miniprep Kit (Promega). Sekwencje nukleotydowe 22 homologów *vip3A* zostały określone dzięki sekwencjonowaniu ze starterami T7 i SP6 kompatybilnymi do wektora pGEM-T Easy w sekwencjonatorze 3500 Genetic Analyzer (Applied Biosystem, Foster City, USA). Otrzymane sekwencje genu *vip3A* poddano dopasowywaniu i wyrównywaniu w programach: Chromas Lite v.2.01 (Technelysium Pty Ltd 2005) i Bio Edit Sequence Alignment Editor v.7.0.5.3. [7] oraz porównaniu z sekwencjami *vip3A Bacillus cereus sensu lato* zdeponowanymi w bazie GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank).

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie analizy MLST (ang. Multi Locus Sequence Typing) na podstawie wcześniej określonych typów sekwencyjnych [8]. Skonstruowano drzewo filogenetyczne za pomocą metody największej wiarygodności (ang. Neighbor Joining; NJ) w oparciu o sekwencje siedmiu genów metabolizmu podstawowego w programie MEGA 6 [9].

Wyniki analizy MLST siedmiu genów metabolizmu podstawowego wskazują na dużą zmienność szczepów *B. thuringiensis* z północno-wschodniej Polski wynikającą głównie z mutacji, aniżeli rekombinacji. Szczepy *vip3A*-dodatnie sklasyfikowane zostały do trzech kładów filogenetycznych. Analizy ujawniają, że sekwencje genów *vip3A* o długości 2374 pz nie różnią się między sobą i są identyczne z sekwencją genu *vip3A* szczepu referencyjnego *B. thuringiensis* IS5056 zdeponowanego w bazie Gen-Bank.

Badania wskazują, że szczepy środowiskowe *B. thuringiensis* z północno-wschodniej Polski okazują się być niepolimorficzne pod względem genu *vip3A*. Toksyny Vip charakteryzują się działaniem letalnym w stosunku do niektórych gatunków owadów i na ogół działają bardzo specyficznie. Otrzymane zostały jednakowe sekwencje nukleotydowe toksyny Vip3A w szczepach *B. thuringiensis*, które różniły się pochodzeniem. Przyczyną tej sytuacji może być fakt, że jakość

białka (zjadliwość toksyny) wytwarzanego na bazie genu *vip3A* u tych bakterii, które jest na tyle wysoce skuteczna wobec określonych organizmów, że powstanie w nim jakichkolwiek mutacji może sprawić utratę funkcji tej toksyny. Tak wysoce konserwatywna sekwencja może świadczyć o tym, że te białko jest pod silną presją selekcyjną w środowisku północno-wschodniej Polski, a szczepy *B. thuringiensis* są dobrze dostosowane do środowiska w jakim się znajdują.

References

1. Swiecicka I (2008) Natural occurrence of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus* in eukaryotic organisms: a case for symbiosis. *Biocontrol Science Technology* 18: 221-239.
2. Schnepf E (1998) *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 62: 775-806.
3. Crickmore N i wsp. (2014) *Bacillus thuringiensis* toxin nomenclature. www.btnomenclature.info; dostęp 05 maja 2016.
4. Lonc E, Andrzejczak S (2005) Bioróżnorodność toksyn *Bacillus thuringiensis* i ich zastosowanie. *Postępy Mikrobiologii* 44: 253-263.
5. Mohamed A I i wsp. (2010) *Bacillus thuringiensis*. A genomics and proteomics perspective. *Bioengineered Bugs* 1: 31-50.
6. Swiecicka I i wsp. (2011) Characterisation of *Bacillus thuringiensis* isolates from soil and small mammals that harbour *vip3A* gene homologues. *Biocontrol Science Technology* 21: 461-473.
7. Hall TA (1999) BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41: 95-98.
8. Drewnowska JM, Święcicka I (2013) Eco-genetic structure of *Bacillus cereus sensu lato* populations from different environments in Northeastern Poland. *PLoS One* 8:e80175.
9. Tamura i wsp. (2013) MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 28: 2731-2739.

Fiodor A., Drewnowska J.M., Święcicka I.

POLYMORPHISM OF VIP3A GENES FROM ENVIRONMENTAL BACILLUS THURINGIENSIS ISOLATES

Department of Microbiology, Institute of Biology, University of Białystok (Poland)

The composition and quality of bacterial entomopathogenic toxins in *Bacillus thuringiensis* may differ between the types of environments in which the strains are present, indicating that they are one of the factors in the evolution of microorganisms. The purpose of this study was to estimate the genetic variability of the nucleotide sequences of Vip3A protein (encode by *vip3A* gene) genotypes among 22 *B. thuringiensis* isolates obtained from soil samples with different physicochemical properties (including pH and organic matter) and anthropogenic pressure from North East of Poland: Białowieża National Park, Biebrza National Park, Narew National Park and farm in Jasienówka village (near Siemiatycze). Phylogenetic analyzes showed no differences between nucleotide sequences of *vip3A* genes may be due to the fact that the quality of the protein (virulence of the toxin) is highly effective against certain organisms. Thus occurrence some mutations may result in the loss of the function of this toxin.

Keywords: *Bacillus cereus*, *Bacillus thuringiensis*, Vip3A proteins, *vip3A* gene, polymorphism, toxins.

OVERVIEW OF MATHEMATICAL MODELLING METHODS USED TO FORECAST CERTAIN HAZARDOUS WASTE GENERATION IN LITHUANIA

A. Karpušenkaitė¹, T. Ruzgas², G. Denafas¹

¹*Department of Environmental Technology, Kaunas University of Technology, Kaunas*

²*The Faculty of Mathematics and Natural Science, Kaunas University of Technology, Kaunas*

В настоящей статье представлен обзор исследований, целью которых является оценка применения и возможностей разных математических моделей для прогнозирования опасных отходов при этом используя официальные данные Литвы про генерацию этих отходов и на их генерацию влияющие социально-экономические показатели. Формирование больших массивов данных было предотвращено созданием системы для сбора опасных отходов в Литве.

При работе с короткими наборами данных на двух этапах исследований было выявлено, что в условиях Литвы генерацию ламп дневного света и ртуть содержащих отходов можно прогнозировать со средней абсолютной процентной погрешностью (СФПП) от 9.54%, используя регрессию Кернеля, и 9.15%, используя экспоненциальное сглаживание временных ряд (ВР) Гольта. Используя регрессионную модель метода опорных векторов, генерацию опасных медицинских отходов можно определить с СФПП 2.18%, а используя ВР Гольта – с 3.96%. Опасные автомобильные отходы можно определить методом наименьших квадратов с погрешностью 13.67% и здесь можно использовать ВР Гольта и скользящую середину. Пока эта возможность детально не исследована.

Ключевые слова: отходы, генерация отходов, опасные отходы, математическое моделирование.

Introduction. Ability to forecast waste, especially hazardous, generation rises along with annually increasing collected waste amounts. Due to shifting policies in waste management sector it is required to find alternative ways to treat waste then to keep it in ever growing landfills. To find efficient and suitable to certain situation waste management and treatment method it is required to analyse current situation and know possible future scenarios as suggested alternative methods must not only represent currently needed problem solving solutions but also be relevant in the future. To offer such insights, different mathematical modelling methods were started to be applied to forecast waste generation.

This research focuses on different mathematical modelling methods and their potential to be applied to forecast annual hazardous (medical, automotive and daylight lamps waste and waste that has mercury in its composition) waste generation in Lithuania. Research included methods which require to involve various indicators (socio-economic indicators serve as independent variable) which possibly influences the forecasted value (waste generation) and time series methods which only require chronological order of values which needs to be forecasted.

Materials and methods. Data sets. Data about the generation of medical waste, automotive waste and daylight lamps and waste that has mercury in its composition generation was taken from Environmental Protection Agency's official annual waste summaries and data about social and economic indicators was taken from Department of Statistics in Lithuania database, government institution "Regitra" and European Commission Directorate – General for Energy and Transport. Freely accessible official data was used to make developed forecasting methods simple and easy to use in the future for anyone interested from private and public sectors.

Formation of large data sets was prevented by the recent creation of Lithuania's hazardous waste collection system.

All three developed data sets consist of 10 observations which include one dependant variable (the measurement of waste generation) and different numbers of independent variables (socio-economic indicators which were statistically proven to make the most influence in the generation of certain hazardous waste). All variables were recalculated to correspond 1000 residents.

It was discovered that most influential independent variables in hazardous medical waste generation case could be visits in clinics, number of new-borns, number of seniors, number of children, circulation of beds and number of beds in hospitals, average life expectancy, number doctor visits, patient number, bed days, number of day cases in healthcare facilities, average time spent in

hospital and stationary; cases of AIDS, HIV. In total: 16 independent variables and one dependent variable.

Independent variables in hazardous automotive data set are: number of registered used cars (M1 type), number of checked out retired vehicles, total number of registered cars (M1 type), number of registered passenger cars (M1-M3 types), number of registered freight vehicles (N1-N3 types), number of registered mopeds (L1-L2 types), number of registered trailers (O1-O4 types), total number of registered vehicles, number of traffic accidents, GDP, international and total haulage by vehicles registered in Lithuania. In total: 13 independent variables and 1 dependant variable.

Independent variables that are involved in daylight lamps and waste that has mercury in its composition data set are: electricity power, GDP and industry’s yearly turnover, expenditures due to the usage of electricity, gas and other fuel, expenditures due to normal households maintenance, total households expenditures in the economic territory and abroad. In total: 6 dependant variables and 1 independent variable.

Mathematical modeling methods. Tests on the performance of two artificial neural networks (ANN), multiple linear regression (MLR), partial least squares (PLS), two support vector machines (SVM), four nonparametric regression and three time series (TS) methods were conducted on the developed data sets. These methods are listed in Table 1.

Table 1 – Mathematical modelling methods which were used in the research

Methods	Models	Software
Artificial neural networks (ANN)	Generalized regression neural nets and probabilistic neural nets (PN/GRN)	Neural Tools 6.
	Multilayer feedforward (MLF)	
Multiple linear regression (MLR)	Enter method	SPSS
Partial least squares (PLS)		MiniTab
Support vector mashines (SVM)	Classification	R studio, package e1071
	Nonlinear q regression	
Nonparametric regression	Generalized additive	SAS university edition
	Local regression	
	Smoothing splines	
	Kernel regression	
Time series (TS)	Moving average (MA)	StatTools
	Seasonal exponential smoothing (SES)	
	Holt’s exponential smoothing	

Mathematical modelling methods used in this research were divided in two types: those, which need independent variables to determine the measure which is needed to be forecasted (all methods except time series), and those to which chronological order of the observations in data set is most important (time series methods).

Performance evaluation. To evaluate the performance of the applied model, four statistical indices were used: the root mean square error (RMSE), coefficient of determination (R^2), the mean absolute error (MAE) and the mean absolute percentage error (MAPE) (see Eq. 1). They are calculated using the outputs given by used models or calculated along with other calculations while running models. Due to lack of space only mean absolute percentage error (MAPE) is presented in this research).

$$MAPE = 100\% \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_0 - Y_p}{Y_0} \right| \quad (1)$$

Where Y_0 is the observed value of certain waste generation, Y_p is the predicted value of medical waste generation. RMSE is a measure for the remaining measurement variance not explained by the model. MAPE measures prediction accuracy, usually expressed as a percentage, of a forecasting method in statistics.

Results. The research was separated into two stages. Stage one was dedicated to the testing of all above mentioned mathematical modelling methods and stage two was dedicated to the verification of models which showed best results in stage one performance. The verification was done using 2014-2015 data which was outside of model training data sets. Results are shown in Table 2.

Table 2 – Models which showed best performance results in stage one of the research

Data set	Best performance in stage one, MAPE									
Daylight lamps with households	MLR, 4.1%	PLS, 5.4%	Generalized additive, 0.77%	Kernel regression, 2.15%	TS Holt', 35.14%					
Hazardous medical waste	SVM regression, 4.6%	Smoothing splines, 6.53%	Kernel regression, 1.93%	TS MA, 15.64%	TS SES, 13.02%	TS Holt's, 9.3%				
Hazardous automotive waste	MLR, 8.9%	Kernel regression, 0.37%	PLS, 0%	Generalized additives, 0%	Local regression, 0%	Smoothing spline, 0%	TS MA, 25.43%	TS SES, 32.51%	TS Holt', 18.55%	

Table 3 – Models which showed best performance results in stage two of the research

	Best performance in stage two		
Daylight lamps with households	Kernel regression, 9.54%	TS Holt's, 9.15%	
Hazardous medical waste	SVM regression, 2.18%	TS Holt's, 3.96%	
Hazardous automotive waste	PLS, 13.67%	TS MA, 9.89%	TS Holt's, 9.89%

All methods that are presented in Table 2, but absent in Table 3 failed to pass the critical limit of 15% MAPE or failed to perform since newly provided 2014-2015 data exceeded minimum or maximum training data limits in stage one.

Research results shows that each data set has a model which can be used to forecast certain type of hazardous waste generation using indicators that potentially has the biggest influence in that waste generation and a method which only need chronological order of observed waste generation. Note that this chronological order can not be broken or have blank spaces in it.

In the case of hazardous automotive waste a hybrid modelling method could be developed while using TS MA and TS Holt's methods and both show similar results). This possibility is so far not researched.

A. Karpušenkaitė¹, T. Ruzgas², G. Denafas¹

OVERVIEW OF MATHEMATICAL MODELLING METHODS USED TO FORECAST CERTAIN HAZARDOUS WASTE GENERATION IN LITHUANIA

¹Department of Environmental Technology, Kaunas University of Technology (Lithuania)

²The Faculty of Mathematics and Natural Science, Kaunas University of Technology (Lithuania)

The aim of this paper is to review the research which focuses on the evaluation of the various mathematical modelling methods performance and capabilities to forecast certain hazardous waste using official Lithuania's data on waste generation and socio-economic indicators that influence it. Formation of large data sets was prevented by the recent creation of Lithuania's hazardous waste collection system.

While working with short data sets in two research stages it was revealed that in Lithuania's case daylight lamps waste and waste that has mercury in its composition can be forecasted with mean absolute percentage error (MAPE) of 9.54% while using kernel regression and 9.15% MAPE using time series Holt's exponential smoothing (TS Holt's). Hazardous medical waste generation using developed support vector machine (SVM) regression model can be determined with MAPE of 2.18% and 3.96% MAPE using TS Holt's. Hazardous automotive waste can be determined by partial least squares (PLS) with 13.67% error and there can be a hybrid forecasting model made using time series moving average (TS MA) and TS Holt's methods. This possibility is so far not researched.

Keywords: waste, waste generation, hazardous, mathematical modelling.

ZASTOSOWANIE WSTRZYKOWEJ ANALIZY PRZEPŁYWOWEJ Z DETEKcją CHEMILUMINESCENCYJNĄ DO OZNACZANIA PESTYCYDÓW**E. Wołyniec, J. Łepkowska, A. Kojło***Instytut Chemii Uniwersytetu w Białymstoku, Białymstok*

В работе представлен разработанный метод идентификации выбранных инсектицидов: хлорпирифос-этил и метил и альдикарб в системе впрыскивания с хемилуминесцентным детектированием. Метод основан на окислении исследуемых соединений с помощью $KMnO_4$ с одновременным восстановлением соединений марганца (II), которые являются излучателями излучения. Наилучшие результаты были получены для aldicarb и chlorpyrifos methyl, так как относительное стандартное отклонение (RSD) составляло 2,5% и 4,5% соответственно, что указывает на хорошую точность разработанного метода.

Ключевые слова: инсектициды, окисление, пестициды.

W obecnych czasach pestycydy stosowane są na szeroką skalę w uprawach roślin oraz podczas ich przechowywania i transportu, co niesie ze sobą ryzyko ich obecności w żywności. Większość pestycydów to substancje należące do trucizn, dlatego tak ważna jest kontrola ich ilości oraz wyeliminowanie skutków zdrowotnych, spowodowanych nadmierną ekspozycją na tego rodzaju substancje.

W prezentowanej pracy przedstawiono opracowaną metodę oznaczania wybranych insektycydów: chloropiryfosu etylowego i metylowego oraz aldikarbu w układzie wstrzykowo-przepływowym z detekcją chemiluminescencyjną. Metoda oparta jest na utlenieniu badanych związków za pomocą $KMnO_4$ z jednoczesną redukcją do związków manganu(II), będących emitentem promieniowania. Obecność w układzie uczulacza, którym był formaldehyd okazała się niezbędna ze względu na to, że powodował on zwiększenie intensywności chemiluminescencji. Jako metodę detekcji zastosowano chemiluminescencję indukowaną, która polegała na naświetlaniu analitów za pomocą ksenonowej lampy błyskowej. Dzięki temu uzyskano znacznie wyższe sygnały analityczne i większą czułość metody w porównaniu z wynikami uzyskanymi bez użycia lampy. Natężenie chemiluminescencji rejestrowane było w postaci pików.

Przeprowadzono optymalizację parametrów chemicznych, hydrodynamicznych i aparaturowych oraz pracy ksenonowej lampy błyskowej w celu ustalenia odpowiednich warunków wykonywania pomiarów. Następnie przeprowadzono wzorcowanie układu pomiarowego i dokonano charakterystyki analitycznej opracowanej metody. Uzyskano liniowość wykresów kalibracyjnych do oznaczania chloropiryfosu etylowego i metylowego w zakresie stężeń: 1-5 $\mu\text{g/mL}$ oraz aldikarbu w zakresie stężeń: 1-7 $\mu\text{g/mL}$. W celu określenia precyzji metody zbadano powtarzalność pomiarów. Najlepsze wyniki uzyskano dla aldikarbu oraz chloropiryfosu metylowego, gdyż względne odchylenie standardowe (RSD) wynosiło odpowiednio 2,5% oraz 4,5%, co wskazuje na dobrą precyzję opracowanej metody. Gorszą powtarzalność uzyskano dla chloropiryfosu etylowego, w tym przypadku wartość RSD wynosiła 13,6%. Najniższą granicę wykrywalności uzyskano dla aldikarbu i wyniosła ona 0,27 $\mu\text{g/mL}$, zaś dla chloropiryfosu etylowego i metylowego wartości te były podobne i wahały się w granicach od 0,74 $\mu\text{g/mL}$ do 0,77 $\mu\text{g/mL}$. Opracowaną metodę zastosowano do oznaczania aldikarbu w próbce jabłek metodą dodatku wzorca.

Wołyniec E., Łepkowska J., Kojło A.

APPLICATION OF FIA SYSTEM WITH CHEMILUMINESCENCE DETECTION FOR DETERMINATION OF PESTICIDES

Institute of Chemistry, University of Bialystok (Poland)

This work presents the developed method of identification of selected insecticides: chlorpyrifos ethyl and methyl and aldicarb in the injection-flow system with chemiluminescent detection. The method is based on the oxidation of the test compounds by $KMnO_4$ with simultaneous reduction to manganese compounds (II), which are emitter of radiation. The best results were obtained for aldicarb and chlorpyrifos methyl, as the relative standard deviation (RSD) was 2.5% and 4.5%, respectively, indicating a good precision of the method developed.

Keywords: insecticides, oxidation, pesticides.

ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Л.А. Бабкина, И.П. Балабина, С.Ю. Миронов

Курский государственный университет, Курск

Компонентный состав отходов несанкционированной свалки определяет приоритетные загрязнители почвы и их фитотоксичность. Оценка устойчивости растений к загрязнению почв по параметру ИТФ позволяет рекомендовать для рекультивации несанкционированных свалок тимopheевку луговую, люцерну посевную, клевер луговой. Нецелесообразно применение клевера ползучего вследствие неустойчивости его ростовых процессов к загрязнению почвы тяжелыми металлами.

Ключевые слова: несанкционированные свалки, загрязнение почв, фитотоксичность, рекультивация, индекс токсичности фактора.

Возрастающие количества образующихся отходов способствуют увеличению площади нарушенных территорий, вызывают загрязнение компонентов природы. Наибольший ущерб окружающей среде наносят стихийно образующиеся свалки. Процессы, протекающие в толще свалки, приводят к образованию различных веществ, загрязняющих верхний слой почвы. Приоритетными загрязнителями являются тяжелые металлы, такие как свинец, цинк и кадмий [1, 2]. В результате биodeградации отходов образуются соединения азота, серы и фосфора [2, 3, 4]. Для снижения негативного воздействия свалок необходима разработка системы природоохранных мероприятий, направленных на реабилитацию нарушенных территорий. Загрязнение почв при размещении отходов производства и потребления определяет необходимость оценки их химического состава и фитотоксичности для выбора технологии рекультивации.

Цель работы заключалась в оценке содержания наиболее приоритетных химических загрязнителей почв свалок и выявлении устойчивости высших растений, рекомендуемых для осуществления биологического этапа рекультивации свалок.

Материалом исследования послужили объединенные образцы почв, отобранные с территорий стихийного размещения отходов [5, 6]. Учитывая, что состав отходов, зависит от ряда факторов [7], были исследованы почвы двух несанкционированных свалок, площадью около 20 м². Свалка 1 расположена на равнинной территории в районе городского полигона ТКО, прилегает к автодороге. В структуре отходов преобладают крупногабаритные отходы, отходы домовладений, реконструкции и строительства, среди которых наиболее представленными оказались древесина, камни и штукатурка, резиновые изделия. Свалка 2 находится в границах сельского населенного пункта. Размещение отходов осуществляется местными жителями в естественном овраге. Отходы представлены преимущественно остатками полимерной упаковки, стеклянными и жестяными банками, различными резиновыми изделиями, обрывками тканей, осколками посуды, строительным мусором, растительными остатками.

Для оценки химического загрязнения почв были определены такие показатели, как реакция почвенного раствора, содержание подвижных форм Zn, Pb, Cd, Cu, Co, Ni и соединений азота (NO₃⁻, NH₄⁺) (таблица 1). Реакция почвенных проб как свалки 1, так и свалки 2, характеризуется как слабокислая (pH=5,5), что связано со снижением буферной емкости почв [4]. Массовую концентрацию подвижных форм металлов определяли атомно-адсорбционным анализом с использованием анализатора «Спектр-5» [8]. Измерение концентрации нитрат-ионов проводилось ионометрическим методом [9], ионов аммония – фотоколориметрированием [10].

Анализ результатов (таблица 1) свидетельствует, что почвы исследуемых свалок характеризуются очень сильной степенью загрязнения ионами цинка. В образцах почв городской свалки отмечается превышение нормативов также для кадмия и меди, что объясняется преобладанием отходов строительства, резинотехнических изделий. Близость

автомагистрала к местоположению свалки является причиной более высокой концентрации ионов свинца в почве свалки 1 по сравнению с почвой свалки 2.

Таблица 1 – Химический анализ почв в местах несанкционированного размещения отходов

Загрязняющее вещество	ПДК, мг/кг	Концентрация, мг/кг		Коэффициент опасности, K_0	
		свалка 1	свалка 2	свалка 1	свалка 2
Свинец	6	$5,69 \pm 1,42$	$1,50 \pm 0,37$	0,95	0,25
Цинк	23	$108,42 \pm 35,78$	$83,99 \pm 27,72$	4,71	3,65
Кадмий	0,2	$1,16 \pm 0,05$	$0,24 \pm 0,08$	5,8	1,18
Медь	3	$6,31 \pm 1,45$	$0,19 \pm 0,05$	2,10	0,06
Кобальт	5	$0,21 \pm 0,09$	$0,22 \pm 0,09$	0,04	0,04
Никель	4	$1,21 \pm 0,34$	$0,85 \pm 0,36$	0,30	0,21
Нитраты	130	$83,25 \pm 12,49$	$260 \pm 39,0$	0,64	2
Аммоний	–	$9,23 \pm 2,31$	$5,82 \pm 1,45$		

При анализе содержания соединений азота установлено для нитрат-ионов двукратное превышение ПДК в почвах сельской свалки. Существенных различий в количестве ионов аммония в почвах исследуемых свалок не выявлено ($t_{st}=1,25$).

Биологическая рекультивация свалок предусматривает фиторемедиацию почв свалок, что определяет использование растений, малочувствительных к загрязнению [11, 12]. Устойчивость высших растений к загрязнению почв отходами оценивали по результатам фитотестирования почвенных вытяжек [13]. Традиционными фитомелиорантами и дернообразующими растениями являются клевер ползучий, клевер луговой, люцерна посевная, тимофеевка луговая, которые были выбраны в качестве тест-организмов [12]. Учитывая неоднозначную реакцию различных тест-организмов и тест-функций [14], для оценки токсичности почв использовали индекс токсичности фактора ИТФ (таблица 2) [15].

Таблица 2 – ИТФ для растений, используемых в биологической рекультивации свалок

Тест-организм	Свалка 1				Свалка 2			
	ИТФ $I_{корешка}$	ИТФ $I_{побега}$	ИТФ _{ср}	Степень токсичности	ИТФ $I_{корешка}$	ИТФ $I_{побега}$	ИТФ _{ср}	Степень токсичности
Клевер луговой	1,07	1,11	1,09	норма	1,16	1,00	1,08	норма
Клевер ползучий	0,77	1,00	0,89	низкая токсичность	1,45	0,86	1,16	стимулирование
Люцерна посевная	0,87	0,99	0,93	норма	1,23	1,07	1,15	стимулирование
Тимофеевка луговая	1,70	1,33	1,52	стимулирование	1,77	1,42	1,6	стимулирование

Анализ результатов фитотестирования (таблица 2) свидетельствует о различной устойчивости растений к загрязнению почв отходами, а также о влиянии химического состава почвы на тест-функции растительного организма. Так, почвы свалки, расположенной в сельской местности, являются нетоксичными для растений, рекомендуемых для рекультивации. При этом для всех исследуемых растений, за исключением клевера лугового отмечается стимулирование ростовых процессов, что может быть связано с высоким содержанием соединений азота в почве. Почвы городской свалки, характеризующиеся загрязнением ионами цинка, кадмия и меди, обладают низкой токсичностью для клевера ползучего, что исключает возможность его использования в биологической рекультивации данной свалки. Стимулирование ростовых процессов выявлено лишь для тимофеевки луговой.

Таким образом, компонентный состав отходов несанкционированных свалок определяет приоритетные загрязнители почвы. Биологической рекультивации почв, загрязненных отходами производства и потребления, должна предшествовать оценка их фитотоксичности, что позволит подобрать виды растений, наиболее устойчивые к загрязнению. Наименьшей чувствительностью к загрязнению почв обладает тимофеевка луговая.

Список использованных источников

1. Басов, Ю.В. Влияние свалки твердых бытовых отходов на агроэкологические показатели почвы // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов по материалам V Междунар. науч. экологической конф., Краснодар, 28-30 марта 2017 г. / Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 561-563.
2. Иванова, Ю.С. Влияние несанкционированных свалок бытовых отходов на экологическое состояние почв (на примере г. Ульяновска) / Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08, 03.02.13 / Ю.С. Иванова; Ульяновский гос. ун-т. – Ульяновск, 2012. – 24 с.
3. Бабкина, Л.А. Оценка токсичности отходов захлавленной территории и почв методами биотестирования / Л.А. Бабкина, С.Ю. Миронов, Н.В. Левшакова // Актуальные проблемы экологии и охраны труда: сб. статей IV Междунар. науч.-практ. конф., Курск / Юго-Западный гос. ун-т. – Курск: Юго-Запад. гос. ун-т, 2012. – С. 22-26.
4. Путилина, В.С. Влияние органического вещества на миграцию тяжелых металлов на участках складирования твердых бытовых отходов / В.С. Путилина, И.В. Галицкая, Т.И. Юганова: Аналит. обзор / ГПНТБ СО РАН; ИГЭ РАН. – Новосибирск, 2005. – 100 с. (Сер. Экология. Вып. 76).
5. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб: ГОСТ 17.4.3.01-83 / Охрана природы. Почвы: Сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2008.
6. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84 / Охрана природы. Почвы: Сб. ГОСТов. – М.: Стандартинформ, 2008.
7. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание): Справочник / В.Г. Систер, А.Н. Мирный, Л.С. Скворцов и др. – М.: АКХ им. К.Д. Памфилова, 2001. – 319 с.
8. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом: РД 52.18.289-90: введ. 01.06.1991. – М.: Государственный комитет СССР по гидрометеорологии, 1990. – 36 с.
9. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом: ГОСТ 26951-86: введ. 30.06.1986. – М.: Издательство стандартов, 1986.
10. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО: ГОСТ 26489-85: введ. 26.03.1985 / Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО: Сб. ГОСТов. – М.: Издательство стандартов, 1985.
11. Неведров, Н.П. Экологическая оценка загрязненных тяжелыми металлами почв Курской агломерации и приемов их селективной фиторемедиации: дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Н.П. Неведров; Российский гос. аграр. ун-т – МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2014. – 147 с.
12. Сметанин, В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В.И. Сметанин. – М.: Колос, 2000. – 96 с.
13. Ремпе, Е. Х. Определение суммарной токсичности почвы, растительной продукции биотестированием / Е.Х. Ремпе, Л.П. Воронина. – М.: МГУ, 2001.
14. Бабкина, Л.А. Оценка устойчивости растений к загрязнению почв отходами / Л.А. Бабкина, И.П. Балабина, С.Ю. Миронов, Н.А. Балабина // Эколого-географические проблемы регионов России: материалы VIII всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием, Самара, 15 января 2017 г.. – Самара: СГСПУ; Прайм, 2017. – С. 94-97.
15. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / А.С. Багдасарян; Ставропольский гос. ун-т. – Ставрополь, 2005. – 160 с.

Babkina L.A., Balabina I.P, Mironov C.Y

ECOTOXICOLOGICAL ANALYSIS OF THE SOIL POLLUTED BY WASTE OF PRODUCTION AND CONSUMPTION

Kursk State University (Russia)

The component composition of the waste determines the priority pollutants and phytotoxicity of the unauthorized landfill soil. Timothy grass, alfalfa and clover meadow are recommended for soil remediation of unauthorized landfills according to the values of the factor toxicity index. Clover creeping is resistant to soil heavy metals contamination and its application is impractical.

Keywords: unauthorized landfill, soil pollution, phytotoxicity, remediation, factor toxicity index.

МЕТОД МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АММОНИЯ В ДОБАВКАХ ДЛЯ БЕТОНОВ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АММИАКА В ВОЗДУХЕ ВНУТРЕННИХ ПОМЕЩЕНИЙ

К.В. Бондарь, Н.П. Яловая

Учреждение образования Брестский государственный технический университет, Брест

В статье рассмотрена проблема эмиссии аммиака из железобетонных конструкций в воздух внутренних помещений. Предложен метод мониторинга содержания соединений аммония в химических добавках (модификаторах) для бетонов, основанный на потенциометрическом методе анализа. Представлены результаты определения концентрации ионов аммония в добавках.

Ключевые слова: аммиак, аммонийные соединения, химические добавки (модификаторы) для бетонов, метод мониторинга, воздух внутренних помещений.

Необходимость разработки метода мониторинга содержания аммонийных соединений в атмосферном воздухе внутренних помещений обусловлена возможностью эмиссии аммиака внутри здания из стеновых панелей и панелей перекрытия, изготовленных из сборных и (или) монолитных конструктивных элементов из железобетона с использованием химических добавок (модификаторов) для бетонов. Актуальность проблемы заключается в том, что население проводит большое количество времени в закрытых помещениях, а аммиак как загрязняющее вещество атмосферного воздуха таких помещений обладает рефлекторно-резорбтивным действием и эффектом суммации [1, 2]. Определение концентрации аммонийных соединений в добавках на стадии входного контроля сырья позволит снизить содержание аммиака в конечном продукте – изделиях из бетона.

В основе метода мониторинга содержания соединений аммония в химических добавках (модификаторах) для бетонов лежит потенциометрический метод анализа, а также разработанная авторами методика определения ионов аммония в водных растворах добавок [3]. Сущность определения заключается в измерении электродвижущей силы системы, состоящей из аммоний-селективного электрода и электрода сравнения.

Для проведения химического анализа использовался иономер лабораторный И 160-МП (ТУ РБ 14694395.003-97), производства ОАО «Гомельский завод измерительных приборов». В состав электрохимической ячейки входили: *электрод аммоний-селективный «Экон NH₄»* (ТУ 4215-002-41541647-2006), изготовитель Научно-производственное предприятие «Эконикс» (г. Москва, Российская Федерация); *электрод хлорсеребряный ЭВЛ-1МЗ.1* (ТУ 25-05.2181-77), изготовитель ОАО «Гомельский завод измерительных приборов».

Для подготовки проб добавок к анализу из аналитической пробы отбирают навеску массой $(2,00 \pm 0,01)$ г, которую переносят в химический стакан объемом не менее 100 мл. К навеске приливают 50 мл дистиллированной воды и перемешивают стеклянной палочкой. При наличии нерастворимого осадка полученный раствор фильтруют через складчатый фильтр «синяя лента». Полученный раствор переливают в мерную колбу емкостью 200 мл и доводят дистиллированной водой до метки. Перед началом анализа подготовленный раствор выдерживают не менее 2 ч.

При определении содержания ионов аммония в химический стакан с помощью мерного цилиндра вносят 45 мл анализируемого раствора и измеряют рН раствора. Если водородный показатель раствора находится в пределах от 3 до 8,5, то в раствор добавляют 5 мл фонового раствора нитрата натрия молярной концентрацией 1 моль/дм³ и перемешивают стеклянной палочкой. Если требуется корректировка рН, то в анализируемый раствор из пипетки вместимостью 1 мл добавляют по каплям при перемешивании приготовленные растворы азотной кислоты или гидроксида натрия (каждый – молярной концентрацией 1 моль/дм³), пока рН раствора не будет соответствовать требуемому значению от 3 до 8,5. Объем добавленного раствора для регулирования рН раствора (V) не должен превышать 1 мл. Затем в анализируемый раствор прибавляют (5-V) мл фонового раствора и перемешивают стеклянной палочкой. Производят измерение температуры раствора, при необходимости пробу термостатируют. После этого

погружают в раствор аммоний-селективный электрод и хлорсеребряный электрод, измеряют значение э.д.с. электродной системы с помощью иономера.

Аналізу подвергались химические добавки (модификаторы) для бетонов, отобранные на предприятиях строительной отрасли Брестской области. Характеристика добавок с точки зрения их химического состава и вида представлены в таблице 1 исходя из данных производителей.

Таблица 1 – Характеристика образцов химических добавок

Добавка	Агрегатное состояние	Данные о химическом составе	Вид добавки
Образец 1	Твердое	Соли полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы и неорганические соли натрия	Пластификатор I группы (суперпластификатор) Ускоритель набора прочности
Образец 2	Твердое	Нафталиноформальдегидный пластификатор и фосфатный компонент	Пластификатор I группы (суперпластификатор) Замедлитель схватывания
Образец 3	Твердое	Соли полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы	Пластификатор I группы (суперпластификатор)
Образец 4	Твердое	Комплексная добавка на основе нафталинсульфоната и поверхностноактивных веществ	Пластификатор I группы (суперпластификатор) Ускоритель набора прочности
Образец 5	Твердое	Смесь лигносульфоната, неорганических солей натрия и ингибитора	Пластификатор II группы (сильнопластифицирующий) Ускоритель твердения
Образец 6	Жидкое	Модифицированный поликарбоксилат	Пластификатор I группы (суперпластификатор)
Образец 7	Жидкое	Поликарбоксилаты	Пластификатор I группы (суперпластификатор)
Образец 8	Жидкое	Водный раствор лаурилсульфата натрия с добавлением фталоцианинового красителя	Пластификатор IV группы (слабопластифицирующий) Сообщает скользящие свойства и антиклеевой эффект

Обработка результатов определения ионов аммония происходит следующим образом. Для каждого результата измерений по градуировочному графику находят pC и рассчитывают молярную концентрацию определяемых ионов C , моль/дм³ по формуле (1):

$$C = 10^{-pC}, \quad (1)$$

За результат измерений принимается среднее арифметическое результатов двух параллельных измерений, если выполняется условие приемлемости по формуле (2):

$$\frac{2 \cdot (C_1 - C_2) \cdot 100}{(C_1 + C_2)} \leq r \quad (2)$$

где r – значение предела повторяемости, %, для двух измерений при доверительном интервале $P = 0,95$, $r = 8$ %.

Массовую концентрацию ионов аммония (X) в анализируемой добавке, мг/кг, определяют по формуле (3):

$$X = \frac{C \cdot M(\text{NH}_4^+) \cdot V \cdot 10^3}{m \cdot 10^{-3}} = \frac{C \cdot 3,608 \cdot 10^6}{m}, \quad (3)$$

где $M(\text{NH}_4^+) = 18,04$ г/моль – молярная масса ионов аммония; m – масса навески, взятой для анализа добавки, г; $V = 200$ мл – объем анализируемой пробы.

Результаты потенциометрического определения содержания ионов аммония в химических добавках (модификаторах) для бетонов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения содержание ионов аммония в образцах добавок

Добавка	pH	Температура, °С	Массовая концентрация ионов аммония (X), мг/кг
Образец 1	7,18	21,4	116,0
Образец 2	7,14	21,3	160,2
Образец 3	7,26	21,2	134,7
Образец 4	5,22	21,3	258,5
Образец 5	9,89	21,3	490,0
Образец 6	6,35	21,2	157,3
Образец 7	4,62	21,3	141,5
Образец 8	7,45	19,3	Не обнаружено

Проведенное исследование показало, что незначительное превышение концентрации ионов аммония обнаружено только в одной добавке. В остальных случаях ионы NH_4^+ либо не обнаруживаются вообще, либо их содержание значительно меньше установленного предельного значения в 400 мг ионов NH_4^+ на 1 кг добавки [3].

Использование потенциометрического метода для определения концентрации ионов аммония в добавках для бетонов может быть обосновано следующими факторами:

- диапазон определения и чувствительность метода позволяют контролировать содержание ионов NH_4^+ в добавках с требуемой точностью,
- проведение потенциометрического определения отличается простотой, не требует высокой квалификации персонала, может быть осуществлено в условиях заводской лаборатории;
- метод не требует наличия дорогостоящего и сложного в обслуживании оборудования;
- для потенциометрического определения ионов аммония не используются токсичные и дорогостоящие вспомогательные реактивы;
- анализ отличается высокой экспрессностью;
- собственная окраска добавок для бетонов является несущественной.

Вместе с тем, потенциометрический метод анализа обладает и недостатками. Прежде всего, это возможное влияние на результаты мешающих ионов. Данные недостатки потенциометрического метода не уменьшают его конкурентоспособность по сравнению с другими аналитическими методами.

Список использованных источников

1. Об утверждении и введении в действие нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ориентировочно безопасных уровней воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест массового отдыха населения и признании утратившим силу некоторых постановлений Министерства здравоохранения Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 08.11.2016 г., № 113 // Национальный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь / Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – Минск, 2016.
2. Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации [Электронный ресурс] : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 30.03.2015 г., № 33 // Национальный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь / Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – Минск, 2017.
3. Добавки для бетонов. Общие технические условия : МКС 91.100.01 Изменение № 1 СТБ 1112-98. – Введ. 01.10.2016 (введено в действие пост. Госстандарта Респ. Беларусь от 01.04.2016 № 27). - Минск : Госстандарт, 2016. – 4 с.

Bondar K.V., Yalovaya N.P.

METHOD OF MONITORING OF THE CONTENT OF AMMONIUM COMPOUNDS IN ADDITIVES FOR CONCRETE IN ORDER TO REDUCE THE AMMONIA CONCENTRATION IN THE INDOOR AIR

Brest State Technical University (Belarus)

The article deals with the problem of ammonia emission from reinforced concrete structures into the indoor air. A method of monitoring of the content of ammonium compounds in chemical additives (modifiers) for concrete, based on the potentiometric method of analysis, is proposed. The results of determination of ammonium ion concentration in additives are presented.

Keywords: ammonia, ammonium compounds, chemical additives (modifiers) for concrete, monitoring method, indoor air.

МОДЕЛЬ НАКОПЛЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭКОСИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ

В.А. Иванюкович, Р.М. Невар

*Международный государственный экологический институт
имени А.Д.Сахарова БГУ, Минск*

В докладе рассмотрены расчетные пакеты VSD+Studio vrvp22, а также разработанные подходы моделирования критических нагрузок. С помощью вычислительного программного пакета VSD+Studio и разработанных подходов смоделированы процессы загрязнения почв. Были установлены необходимые условия для применения данных программных пакетов, так же получены прогнозы загрязнения почв.

Ключевые слова: моделирование, загрязняющие вещества, критические нагрузки, экосистема, расчет.

Активное изучение влияний загрязняющих веществ на экосистемы проводится с 60-х годов XX века. Большой прорыв в таких исследованиях произошел благодаря принятию Лондонской конвенции о трансграничном загрязнении воздуха (1979 г.), которая стимулировала выполнение большого количества исследовательских проектов, направленных на изучение воздействия поллютантов на экосистемы. В результате были разработаны концепция критических нагрузок на экосистемы и теоретические основы их расчета [1]. Целью данной работы является определение способов моделирования критических нагрузок на экосистемы Республики Беларусь, которые бы учитывали особенности систем мониторинга окружающей среды.

Исходя из поставленных целей, рассмотрены два подхода к моделированию критических нагрузок: возможность использования методов, рекомендованных международными и государственными организациями, и разработка новых подходов, учитывающих существующие в стране условия сбора данных.

В качестве готовых решений для расчета критических нагрузок были изучены расчетные пакеты VSD+Studio и vrvp22 [2]. Данные пакеты находятся в свободном доступе, они рекомендованы Европейским координационным центром. Прикладная программа Vrvp22 является расширенной версией пакета VSD+Studio и требует большего количества входных данных, часть из которых не измеряется на станциях мониторинга окружающей среды в Беларуси. Поэтому основное внимание уделено изучению пакета VSD+Studio.

В основе модели лежит уравнение простого массового баланса:

$$\begin{aligned} [H^+] + [BC^{2+}] + [Na^+] + [AL^{3+}] + [NH_4^+] &= \\ = [SO_4^{2+}] + [NO_3^-] + [CL^-] + [HCO_3^-] + [Org^-], & \end{aligned} \quad (1)$$

в котором учитываются катионы и анионы водорода (H^+), натрия (Na^+), алюминия (Al^{3+}), хлора (Cl^-), аммония (NH_4^+), сульфата (SO_4^{2+}), окиси азота (NO_3^-), бикарбоната (HCO_3^-), органические анионы (Org^-) и сумма базовых катионов кальция, калия и натрия (BC^{2+}).

Уравнение простого массового баланса описывает процессы, происходящие в растительности. Предполагается, что иммобилизация поллютантов в экосистемах обусловлена именно вегетационными процессами.

С помощью вычислительного программного пакета VSD+Studio были смоделированы процессы загрязнения почв по данным станции мониторинга Высокое (Каменецкий район Брестской области). Модель позволяет сделать расчет для ограниченного количества поллютантов, участвующих в вегетационном процессе – серы, азота, базовых катионов и алюминия. Для этой модели так же требуется измерение ряда параметров, которые не включены в систему мониторинга окружающей среды Беларуси.

Таким образом, чтобы охватить больший спектр загрязняющих веществ и смоделировать процессы загрязнения в почвах используя имеющиеся данные мониторинга окружающей среды Беларуси, была предложена собственная модель расчета критических нагрузок.

В модели предполагается, что накопление загрязняющих веществ в почве происходит в результате двух противоположных процессов – их поступления из внешних источников и

удаления вследствие физико-химических и биологических процессов. Поступление веществ в почву происходит вследствие их осаждения с атмосферными осадками, гравитационного осаждения веществ из воздушной среды и «фоновое поступление» веществ. Фоновое поступление загрязняющих веществ учитывает действие трудно контролируемых процессов, таких как поступление веществ с опавшей листвой и другим биоматериалом, зависящая от локальных условий миграция, химические процессы в почве и т.п. Вывод веществ из почвы обусловлен следующими процессами: вымыванием веществ из почвы, испарением, «фоновым выводом» веществ. Фоновый вывод веществ включает вегетационную составляющую и другие неучтенные процессы. Общее изменение загрязняющих веществ в почве можно определить как разность этих двух процессов, или в обобщенном виде:

$$\frac{dC_N}{dt} = \alpha_N C_N + \alpha_{oc} C_{N,oc} + \alpha_{возд} C_{N,возд} + C_{фон}, \quad (2)$$

где α_N , α_{oc} , $\alpha_{возд}$, $C_{фон}$ – обобщенные коэффициенты, отвечающие за влияние на изменение загрязняющих веществ в почве начальной концентрации веществ, концентрации веществ в осадках, в воздухе и влияния фоновых процессов соответственно.

Уравнение (2) является линейным дифференциальным уравнением первого порядка, решение которого имеет вид:

$$C_N(t) = C[1]e^{t \cdot \alpha_N} - \frac{\alpha_{oc} C_{N,oc} + \alpha_{возд} C_{N,возд} + C_{фон}}{\alpha_N} = C[1]e^{t \cdot \alpha_N} + \alpha_{oc}^* C_{N,oc} + \alpha_{возд}^* C_{N,возд} + C_{фон}^*, \quad (3)$$

где C_N – концентрация вещества в почве в момент времени t ; $C[1]$ – коэффициент, зависящий от граничных условий.

Полученное уравнение позволяет установить зависимость накопления загрязняющего вещества в почве от времени и концентрации вещества в воздухе, а также найти фоновое значение изменения загрязняющего вещества в экосистеме.

Данная модель предложена для оценки критических нагрузок на реальные экосистемы Беларуси. В качестве исследуемого объекта были использованы результаты наблюдений на станция мониторинга Высокое [3], в качестве исследуемого загрязняющего вещества был выбран оксид азота NO_3 .

Для расчетов критических нагрузок уравнение (3) было переписано, чтобы избавиться от параметра, связанного с граничными условиями:

$$\frac{\alpha_{oc} C_{N,oc}(T) + C_{фон}^* - C(T)}{e^{T \cdot \alpha_N}} = \frac{\alpha_{oc} C_{N,oc}(T+1) + C_{фон}^* - C(T+1)}{e^{(T+1) \cdot \alpha_N}}. \quad (4)$$

Данные для расчетов представлены в таблице.

Таблица – Данные для расчетов

Год	Содержание NO_3 в почве, мг/кг	Содержание NO_3 в осадках, мг/л
2012	17.7	1.45
2013	18.4	0.93
2014	16.5	1.76
2015	19.2	1.65

Были рассчитаны коэффициенты $\alpha_N = -0.346$; $\alpha_{возд} = -0.984$; $C_{фон} = -19.54$. Вычисления проводились в программном пакете Mathematica.

Далее был определен коэффициент, зависящий от граничных условий в 2015 году: $C[2015] = 3.58 \times 10^{303}$.

В результате был сделан прогноз накопления оксида азота в почве в зависимости от его концентрации в осадках в период до 2025 года (рисунок).

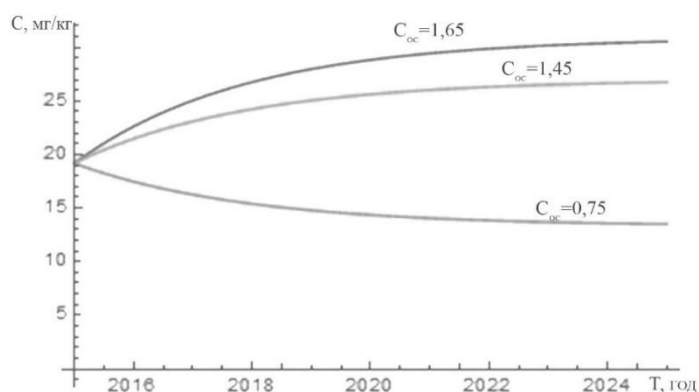


Рисунок – Результаты прогнозирования концентрации оксида азота в почве до 2025 года для разных его концентраций в осадках

Результаты моделирования показывают, что экосистема является чувствительной к концентрации поллютанта в осадках. Причем, при неизменных параметрах система достаточно быстро стремится к стационарному состоянию. В исследуемых примерах стационарное состояние наступает приблизительно через 10 лет.

Таким образом, предложенная модель позволяет прогнозировать содержание загрязняющих веществ в почвах Беларуси. Полученные сведения могут быть использованы для оценки критических нагрузок на экосистему при планировании хозяйственной деятельности в регионе, сопровождающейся техногенным загрязнением окружающей среды.

Сравнивая два описанных подхода для моделирования критических нагрузок, можно сделать следующие выводы:

- Результаты моделирования процессов накопления с помощью расчетных пакетов VSD+Vrnp22, важны для взаимодействия со странами Европейского союза, однако для их использования нужно вносить изменения в систему мониторинга РБ.
- Предложенная модель соответствует требованиям действующего мониторинга окружающей среды, но требует валидации и согласования с заинтересованными организациями.

Список использованных источников

1. Posch M., deSmet P.A.M., Hettelingh J-P., and Downing R.J. (Eds.). Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe . Status Report 1999. Coordination Center for Effects, RIVM Report No.259101009, Bilthoven, the Netherlands , 1999. - 165 pp.
2. Европейский координационный центр: [сайт]. URL: <http://www.wge-cce.org/>
3. Бел НИЦ экология: [сайт]. URL: <http://www.ecoinfo.by/>

V.A. Ivaniukovich, R.M. Nevar

THE MODEL OF ACCUMULATION OF POLLUTANTS FOR THE ASSESSMENT OF CRITICAL LOADS ON ECOSYSTEMS OF BELARUS

International state ecological Institute named after A.D..Sakharov BSU (Belarus)

VSD+Studio vrvp22 software was considered in the report. New models for critical loads calculation were developed. Critical loads were simulated used VSD+Studio software and developed models. Necessary conditions to use considered software were determined and prognoses for critical loads were calculated.

Keywords: simulation, contaminants, critical loads, ecosystem, calculation.

ЦИНК-БОР–МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЕ УДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ТОРФА

С.И. Коврик, Н.Н. Бамбалов, Г.А. Соколов

Государственное научное учреждение Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси», Минск

Рассмотрены условия производства концентрированных удобрений, содержащие одновременно биологически активные гуминовые вещества и два микроэлемента – цинк и бор. Показано, что необходимыми компонентами указанных удобрений являются трилон Б и водный раствор аммиака.

Ключевые слова: Микроэлементные удобрения, гуминовые вещества, трилон Б, водный раствор аммиака.

В современном сельском хозяйстве для повышения урожайности растениеводческой продукции используют микроэлементные удобрения. В последнее время перспективными считают органоминеральные микроудобрения, содержащие гуматы калия, аммония или натрия с добавкой Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Co и B в хелатной форме [1–4]. Особый интерес представляет использование таких препаратов на карбонатных почвах, где содержание микроэлементов в доступной для растений форме невелико [1, 5, 6].

В ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси» разработаны жидкие комплексные биологически активные гуминовые удобрения с одним и несколькими микроэлементами – «ЭлеГум» [2–4, 6, 7], а на ОАО «Зеленоборское» построен цех по их выпуску. Стоимость таких удобрений на 25-50 % ниже, а качество – лучше зарубежных микроэлементных удобрений; их расход составляет 1–2 дм³/га. При этом сокращаются расходы за счёт совмещения операций по внесению микроэлементных удобрений и биологически активных веществ, дополнительным преимуществом является уменьшение воздействия сельскохозяйственной техники на почву и снижение ее износа.

Цель данной работы – обоснование условий получения устойчивого жидкого концентрированного удобрения, содержащего биологически активные гуминовые вещества (ГВ) и два микроэлемента – цинк и бор в количествах, оптимальных для обработки растений. Концентрация микроэлементных удобрений должна быть такой, чтобы в 1-2 дм³ содержалась полная доза микроэлементов для внесения на 1 га.

Для получения цинк–бор–гуминовых (Zn–B–ГВ) удобрений использовали сульфат цинка, борную кислоту, трилон Б, водный раствор аммиака и раствор ГВ, полученный экстракцией торфа гидроксидом натрия.

Методика проведения эксперимента аналогична методике получения медь–цинк–гуминовых удобрений [2].

Экспериментально установлено, что концентрация ГВ в удобрении, содержащем по 20 г/дм³ цинка и бора, может составлять от 4 до 8 г/дм³. Такие удобрения могут храниться более 36 месяцев, заметно не изменяя свои физико-химические характеристики (значение рН, коэффициент пропускания).

Концентрацию ГВ можно увеличить до 5–10 г/дм³ при одновременном увеличении концентраций микроэлементов цинка и бора до 25 г/дм³, аммиака – до 33 г/дм³ и трилона Б – до 180 г/дм³. Но такие растворы близки к пересыщенным, в них быстрее образуется осадок, сроки хранения таких удобрений не превышают 11 месяцев. Растворы, в которых концентрации микроэлементов цинка и бора выше 25 г/дм³, являются пересыщенными изначально, в них практически сразу образуется осадок.

При получении Zn–B–ГВ удобрений оптимальной концентрацией аммиака является 28 г/дм³, а трилона Б – 120 г/дм³. Если аммиак или трилон Б вводить меньше или больше этого количества, то рабочие растворы не могут использоваться для обработки растений по одной из двух причин:

– концентрированное Zn–B–ГВ удобрение получается без осадка, но при его разбавлении водой часть катионов цинка и ГВ в рабочем растворе выпадает в осадок;

– после хранения в течение 3–10 месяцев в концентрированном Zn–В–ГВ удобрении образуется осадок.

Об отрицательном влиянии повышенных количеств аммиака на стабильность Zn–В–ГВ удобрений свидетельствуют данные рисунка 1. Так, при увеличении концентрации аммиака с 23 до 28 г/дм³ наблюдается возрастание значения коэффициента пропускания рабочего раствора с 27–29 % до 33–35 %, что вызвано образованием растворимых хелатных соединений катионов цинка с аммиаком.

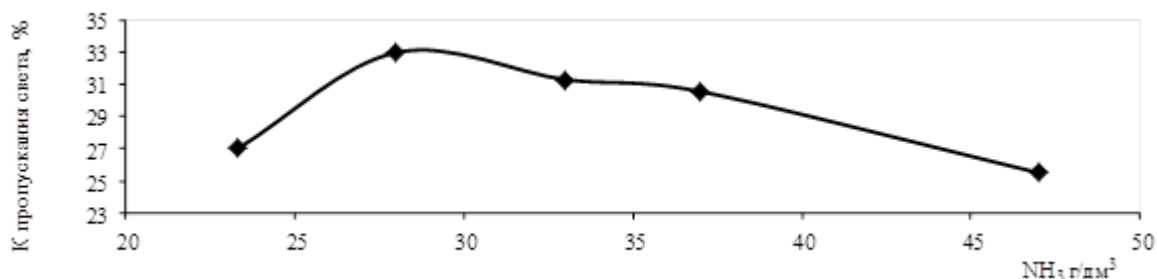


Рисунок 1 – Зависимость изменения значения коэффициента пропускания света рабочим раствором от концентрации аммиака в Zn (20 г/дм³)–В (20 г/дм³)–ГВ (4 г/дм³) удобрении, содержащем 120 г/дм³ трилона Б

Дальнейшее увеличение концентрации аммиака до 47 г/дм³ приводит к уменьшению значения коэффициента пропускания света до 25 %, что свидетельствует об уменьшении устойчивости рабочих растворов. Последнее может быть вызвано тем, что значение рН концентрированных и рабочих растворов выше 8, в таких условиях может образовываться нерастворимый гидроксид цинка, имеющий произведение растворимости (ПР) $1,4 \cdot 10^{-17}$ [8]. Растворимые хелатные соединения цинка с трилоном Б имеют константу нестойкости (K_n) $3,2 \cdot 10^{-17}$ [8]. Учитывая то, что ПР Zn(OH)₂ и K_n (Zn Edta²⁻) близки по значению, можно говорить о равновероятности протекания процессов образования как нерастворимого гидроксида цинка, так и растворимых хелатных соединений цинка с трилоном Б. Введение дополнительных количеств водного раствора аммиака способствует возрастанию значения рН раствора с 8,8 до 9,6, следовательно, увеличивается вероятность образования нерастворимого гидроксида цинка.

Изменение концентрации трилона Б в удобрении с 100 до 160 г/дм³ приводит к увеличению коэффициента пропускания света рабочим раствором с 26 до 38 % (рисунок 2), при этом значение рН удобрений уменьшается с 8,8 до 8,4. Следовательно, введение дополнительных количеств трилона Б положительно сказывается на свойствах удобрений, т.к. при этом возрастает их устойчивость и понижается значение рН. Самый большой срок хранения – 36 месяцев имели удобрения, содержащие 120 г/дм³ трилона Б. Удобрения с более высокой концентрацией трилона Б становятся менее устойчивыми, о чем свидетельствуют невысокие сроки хранения и уменьшение значения коэффициента пропускания света рабочим раствором, полученным из удобрения с концентрацией трилона Б выше 160 г/дм³. Так, при концентрации трилона Б 140 г/дм³ срок хранения удобрения составляет 10 месяцев, 160 г/дм³ – 7 месяцев, 200 г/дм³ – 3 месяца. Таким образом, сроки хранения Zn(20 г/дм³)–В(20 г/дм³)–ГВ удобрений при концентрации трилона Б выше 120 г/дм³ сокращаются, что вызвано образованием в данных условиях растворов, близких к пересыщенным [8].

Поскольку сроки хранения и значения рН концентрированных и рабочих растворов, отличающихся только значениями концентраций ГВ близки, то можно сделать вывод о том, что увеличение концентрации ГВ с 4 до 8 г/дм³ не оказывает заметного влияния на физико-химические свойства Zn(20 г/дм³)–В(20 г/дм³)–ГВ удобрений.

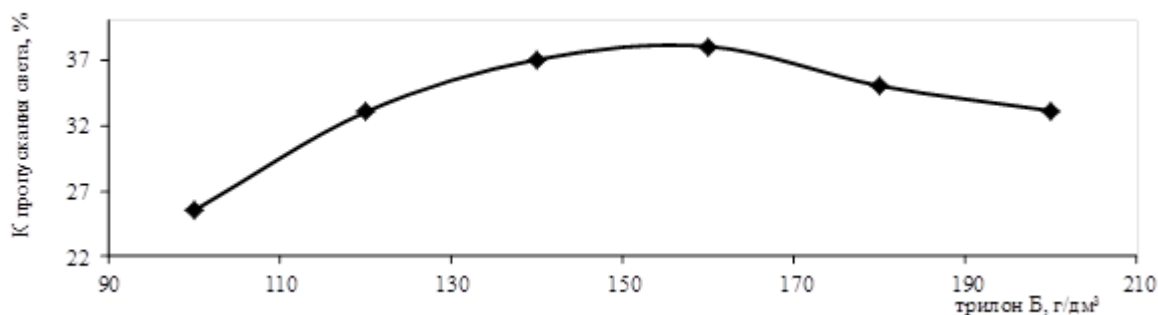


Рисунок 2 – Зависимость изменения значения коэффициента пропускания света рабочим раствором от концентрации трилона Б в Zn (20 г/дм³)–В(20 г/дм³)–ГВ(4 г/дм³) удобрении, содержащем 28 г/дм³ аммиака

Таким образом, полученные экспериментальные данные обосновывают следующий состав жидкого комплексного Zn–В–ГВ удобрения: сульфат цинка, борная кислота, водный раствор аммиака, ГВ (выделенные из торфа гидроксидом натрия), трилон Б. Принципиально важно, как и при получении Cu–Zn–ГВ удобрений [6, 12], чтобы до введения ГВ в растворе находились хелатные соединения цинка с аммиаком и трилоном Б. Оптимальные концентрации микроэлементов в предложенном концентрированном удобрении составляют: Zn – 20 г/дм³, В – 20 г/дм³, ГВ – 4-8 г/дм³. При увеличении концентрации микроэлементов до 25 г/дм³, а ГВ до 5-10 г/дм³ сроки хранения сокращаются с 36 до 11 месяцев.

Полученное Zn–В–ГВ микроэлементное удобрение прошло двухгодичные испытания в НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси».

Список использованных источников

1. Булыгин, С. Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С. Ю. Булыгин [и др.]; под общ. ред. С. Ю. Булыгина. – Днепропетровск, 2007. – 100 с.
2. Коврик, С.И., Бамбалов Н.Н., Соколов Г.А. Медь-цинк микроэлементное гуминовое удобрение// Природопользование. – Сб. науч. тр./ Ин-т природопользования НАН Беларуси.– Минск, 2012.– Вып. 21. – С.278–283.
3. Способ получения комплексного медь-цинк гуминового удобрения: пат. 16752 Респ. Беларусь, МПК С 05G3/00/ С.И. Коврик, Н.Н. Бамбалов, Г.А. Соколов; заявитель ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси.– а 20110695; заявл. 18.05.2011; опубл. 28.02.2013// Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.– 2013.– № 1.– С.86.
4. Способ получения медь-гуминового удобрения : пат. 12858 Респ. Беларусь, МПК(2006) С 05 G 3/00 / Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов, О. М. Самокар ; заявитель Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов, О. М. Самокар. № а 2007205 ; заявл. 03.10.2007 ; опубл. 24.11.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2010. № 1 (71). С. 91.
5. Минеев, В.Г. Агрохимия М.: Изд-во МГУ, Колос. 2004. – С. 720.
6. Применение комплексных гуминовых микроудобрений «Элегум»: Рекомендации / М.В. Рак, В.В. Лапа, Г.А. Соколов – Ин-т природопользования и Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси.– Минск, 2013.– 28 с.
7. Жидкое комплексное гуминовое микроудобрение (варианты): пат. 16753 Респ. Беларусь, МПК С 05G3/00/ Т.Я. Кашинская, А.П. Гаврильчик, Г.А. Соколов, М.В. Рак, В.В. Лапа, Е.А. Саванец; заявитель ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси.– № а 20110588; заявл. 05.05.2011; опубл. 28.02.2013// Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.– 2013. № 1 – С.85.
8. Справочник химика: в 3 т./ редкол.: Б. П. Никольский (гл. ред.) [и др.].–М.-Ленинград: Химия, 1965.– Т. 3: Химическое равновесие и кинетика, свойства растворов, электродные процессы.– 1008 с.

Kovrik S.I., Bambalov N.N., Sokolov G.A.

ZINC–BOR TRACE ELEMENT WITH PEAT HUMIC MATTERS

Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

Conditions of concentrated fertilizers productions have been considered with simultaneously biologically active humic matters and two trace elements- zinc and bor. It has been shown that necessary components of the stated fertilizers are trilon B and ammonia aqueous solution.

Keywords: trace element fertilizer, humic substance, trilon B, aqueous solution of ammonia.

ИЗМЕНЕНИЯ СОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА У *POECILIA RETICULATA* P. ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**О.Е. Кремлёва, А.В. Сычёва***Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно*

Выявлены закономерности влияния поверхностно-активных веществ на соматический индекс *Poecilia reticulata* P. Кумулятивные свойства ПАВ выражены слабо, однако при концентрации ПАВ \geq ПДК возможно накопление некоторых веществ в органах рыб (печень, гонады), что увеличивает массу органов. Соматический индекс у *Poecilia reticulata* под воздействием различных концентраций ПАВ увеличивается.

Ключевые слова: биоиндикация, ПАВ, *Poecilia reticulata* Peters, соматический индекс.

Многообразные загрязняющие вещества, попадая в окружающую среду, могут претерпевать в ней различные изменения, усиливая при этом свое токсическое воздействие [1]. Это приводит к необходимости разработки комплексных, интегральных методов контроля качества окружающей среды, позволяющих оценить ее качество и возможную опасность различных источников загрязнения [2].

В настоящее время в хозяйственной деятельности человека и в промышленности используется огромное количество синтетических поверхностно-активных веществ. Многие синтетические моющие средства, в отличие от мыл, не подвержены естественному биохимическому разложению и не задерживаются фильтрующими очистными установками. Они переходят в сточные воды и попадают в рыбохозяйственные водоёмы. Это приводит не только к загрязнению рек и других водоёмов, но и к проникновению ПАВ в источники питьевой воды, что непосредственно влияет на здоровье человека. Характерной особенностью этих веществ также является прямое токсическое действие на гидробионтов.

Для массового производства и потребления моющих средств необходимо применять такие ПАВ и другие моющие вещества, которые были бы подвержены сравнительно быстрому их распаду. Наличие моющих средств в сточных водах вызывает обильное пенообразование за счёт остаточных поверхностно-активных веществ, фосфатов и других компонентов моющих средств, что затрудняет их биологическую очистку [3]. Многочисленные наблюдения за естественным самоочищением водоемов от ПАВ как в лабораторных, так и в природных условиях показали, что этот процесс протекает относительно медленно, особенно в небольших реках с недостаточным разбавлением сточных вод и в холодный период года, даже если в воде находятся вещества биологически мягкие [3].

При отравлении ПАВ рыба всплывает к поверхности воды, находится в возбужденном состоянии, у нее учащается дыхание, нарушается равновесие. Гибнет рыба с широко открытым ртом и жаберными крышками. Тело и жабры покрываются слизью, которая разрушается и отпадает кусками [4].

Одним из важных этапов исследования оценки воздействия ПАВ является выбор объекта на котором можно проводить испытания. В качестве объекта исследования была выбрана пресноводная живородящая рыбка *Poecilia reticulata* Peters (Гуппи). Положительными свойствами гуппи являются ее малые размеры, неприхотливость к условиям обитания, короткий цикл развития, рано появляющиеся и четко выраженные вторичные половые признаки, почти 100%-ная выживаемость мальков в обычных условиях, легкость разведения и кормления [5].

В работе проведена оценка влияния ПАВ на морфометрические показатели *Poecilia reticulata* P. Для проведения исследования приготовлены модельные водоемы с известной концентрацией ПАВ. В каждый из водоемов рассадили одновозрастных разнополых особей *Poecilia reticulata* P. Контролем служила вода, изначально не содержащая даже следов ПАВ. Все аквариумы содержались в одинаковых условиях. В течении месяца проводились наблюдения за экспериментальными объектами. Описывались такие параметры как активность, яркость окраски, поведение, выраженность плавников, смертность или рождаемость, характер питания. Спустя месяц всех рыб извлекли из воды и подвергли

детальному изучению согласно методике определения изменений морфометрических показателей у *Poecilia reticulata* P под воздействием различных факторов среды. Основной величиной измерения был выбран соматический индекс – отношение массы выбранного параметра (внутренние органы гуппи) к общей массе исследуемого животного.

Исследование показало, что при концентрации ПАВ от 1 до 3,5 мг/л до 90% *Poecilia reticulata* P. погибает в течении 1-2 дней. Для измерения соматического индекса были выбраны концентрации ПАВ больше ПДК (0,1 мг/л), один ПДК (0,05 мг/л) и меньше ПДК (0,025 мг/л), где ПДК_{ПАВ} использовался для вод поверхностных водоемов. Результаты исследования отображены на рисунке.

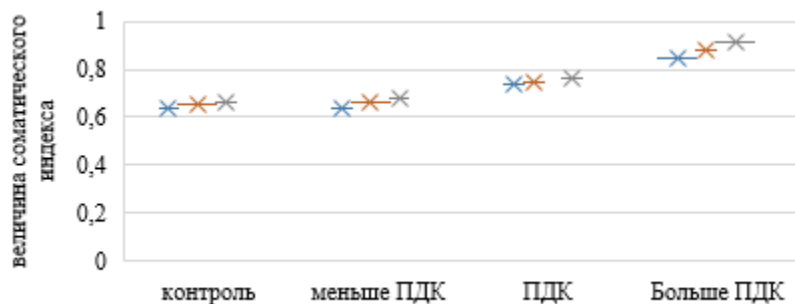


Рисунок – Изменения соматического индекса у *Poecilia reticulata* Peters под воздействием различных концентраций ПАВ

Кумулятивные свойства ПАВ выражены слабо, однако при концентрации ПАВ \geq ПДК возможно накопление некоторых веществ в органах рыб (печень, гонады), что увеличивает массу органов. Соматический индекс у *Poecilia reticulata* под воздействием различных концентраций ПАВ увеличивается от 0,65 до 0,88.

Помимо этого, в ходе работы отмечено, что организменный уровень организации у гуппи оказался очень информативным для диагностики загрязнения воды поллютантами. Определены изменения морфологических и этологических показателей у *Poecilia reticulata* P. под воздействием различных концентраций поверхностно-активных веществ. Рыба оказалась очень устойчива к действию ПАВ: определены незначительные изменения в органах и системах органов. Метод подходит для экспресс-диагностики только мутагенов в водной среде.

Список использованных источников

1. Ляшенко, О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие / СПб ГТУРП. – СПб, 2012 – 67 с.
2. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие / А.Г. Бубнов [и др.]; под общ. ред. В.И. Гриневича; ГОУ ВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 112 с..
3. Химик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3420.html>. – Дата доступа: 21.05.2017.
4. Экология. Справочник. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru-ecology.info/post/100507900960006/>. – Дата доступа: 21.05.2017.
5. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М.: РЭФИА, НИА – природа, 2002. – 118 с

Kremleva O.E., Sychova A.V.

CHANGES OF THE SOMATIC INDEX IN *POECILIA RETICULATA* P. UNDER THE ACTION OF SURFACE ACTIVE SUBSTANCES

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

The regularities of the effect of surfactants on the somatic index of *Poecilia reticulata* P. have been revealed. The cumulative properties of surfactants are poorly expressed, however, at concentrations of surfactants \geq MPC it is possible to accumulate certain substances in the organs of fish (liver, gonads), which increases the mass of organs. The somatic index in *Poecilia reticulata* under the influence of various surfactant concentrations increases.

Keywords: bioindication, surfactant, *Poecilia reticulata* Peters, somatic index.

БИОРЕМЕДИАЦИЯ ЛУГОВЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Л.В. Литвиненко

ФГБУН ПФИЦ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, Пермь

Рассмотрены современные технологии очистки почвы, загрязненной тяжелыми металлами. Обоснована эффективность применения биосурфактантов для ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

Ключевые слова: биосурфактанты, очистка, почва, тяжелые металлы.

Тяжелые металлы (ТМ), попадающие в окружающую среду в результате производственной деятельности человека, являются опасными загрязнителями биосферы. Они накапливаются в отдельных звеньях трофической цепи и, таким образом, попадают в организмы высших животных и человека, подавляя их метаболическую активность и отрицательно воздействуя на жизнедеятельность. Физико-химические методы очистки почвы не всегда эффективны и менее рентабельны по сравнению с экологически безопасными биологическими методами (применение биогенных сурфактантов микробного происхождения) обработки почвы, загрязненной ТМ [1]. В связи с этим особенно актуальным является процесс внедрения разработанных современных экологически безопасных технологий очистки почвенных объектов природной среды, загрязненных ТМ. По нашему мнению, биологические способы очистки почв должны со временем заменить такие традиционно используемые методы, как вывоз загрязненного материала на свалки или экстракцию с использованием органических кислот и синтетических сурфактантов.

Существуют критерии, позволяющие выбрать соединения, обладающие высокими металлохелатирующими способностями, для увеличения мобильности ТМ: (1) высокое сродство с загрязнением; (2) значительная подвижность в почве (устойчивость к агрегированию и низкая степень адсорбции при прохождении через пористые среды); (3) относительно продолжительное время существования; (4) нетоксичность и безопасность для окружающей среды. Всем вышеперечисленным требованиям полностью удовлетворяют биосурфактанты, синтезируемые микроорганизмами [2]. Преимущества биосурфактантов перед синтетическими аналогами – природное происхождение, низкая токсичность, биodeградируемость, высокая активность в экстремальных условиях внешней среды, а также возможность получения на нетрадиционных и относительно дешевых источниках сырья [3].

Биосурфактанты могут связывать ионы ТМ, оставаясь подвижными в почвенных средах и увеличивая тем самым подвижность ТМ; при этом бактериальные биосурфактанты, в частности рамнолипиды и *Rhodococcus*-биосурфактанты, успешно конкурируют с природными лигандами за комплексообразование с большинством ТМ [4, 5].

Цель настоящей работы – оценка возможности использования *Rhodococcus*-биосурфактантов для снижения присутствия ионов ТМ в техногенно загрязненных луговых почвах.

Объектом исследования служила загрязненная ТМ почва луговых сообществ вторичного происхождения, отобранная в зоне воздействия Нижнетагильского металлургического комбината (ОАО «НТМК», предприятие «Евраз Груп», Свердловская обл., 60° в. д., 58° с. ш.). Тип почвы – дерново-подзолистая суглинистая со сложным органопрофилем и различной степенью оподзоленности с преобладанием (до 67 %) фракций почвенных частиц диаметром 5–10 мм (мелкокомковатая почва). Основные физико-химические характеристики почвы, схема отбора проб почвы, исходное содержание ТМ, геоботаническое описание исследуемых луговых сообществ, а также биоразнообразие основных экологически значимых групп микроорганизмов и их влияние на скорость минерализации растительных остатков подробно описаны нами ранее [6, 7]. Общий уровень химического загрязнения биотопов изменялся от 1 до 30 относительных единиц (отн. ед.).

В работе использовали чистую культуру *Rhodococcus ruber* ИЭГМ 231 из Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (официальный акроним коллекции ИЭГМ, номер во Всемирной федерации коллекций культур 768; www.iegm.ru/iegmcol). Неочищенные *Rhodococcus*-биосурфактантные комплексы гликолипидной природы, продуцируемые родококками в жидкой минеральной среде с *n*-додеканом (C₁₂) или *n*-гексадеканом (C₁₆) (3 об. %), получали методом, разработанным в лаборатории алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ. Эксперименты по извлечению ионов ТМ из почвенных образцов (20 г) проводили в колбах Эрленмейера (объемом 250 мл) в течение 7 сут с помощью растворов (80 мл) неочищенных *Rhodococcus*-биосурфактантов (4 г/л воды) и синтетического сурфактанта Твина 60 (0.17 г/л воды). Концентрация биосурфактантов соответствовала 3 критическим концентрациям мицеллообразования (3 ККМ). В качестве контроля использовали дистиллированную воду и незагрязненную модельную почву, обработанную (био)сурфактантами. Отмывание ТМ из почвы проводили на орбитальном шейкере в течение 7 сут (140 об/мин, 28 °С). Количественное определение водно-кислоторастворимых форм ТМ осуществляли с помощью атомно-абсорбционного спектрометра АА-6300 (Shimadzu, Япония). Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов осуществляли традиционными методами с помощью пакета компьютерных программ Statistica v. 10.0 (Stat Soft, Inc., 2012) и Excel 2007 (Microsoft Inc., 2007).

По нашим данным, интенсивность извлечения ионов ТМ из образцов техногенно загрязненных луговых почв Свердловской области с помощью растворов (био)сурфактантов составляет от 5.6 (для ионов Zn²⁺) до 67.2 % (для Ni²⁺). Следует отметить, что десорбирующая активность неочищенных *Rhodococcus*-биосурфактантов в отношении ионов ТМ в 1.5-13.5 раз выше таковой синтетического сурфактанта Твина 60 и в 3.5-20.0 раз выше по сравнению с таковой воды. Количество ионов ТМ, десорбированных из образцов загрязненной почвы с помощью эмульсии *Rhodococcus*-биосурфактантов, продуцируемой родококками при росте в жидкой минеральной среде с *n*-гексадеканом составило для ионов Cd²⁺ (0.51/0.29), Cr³⁺, Cr⁶⁺ (8.70/31.02), Cu²⁺ (24.42/45.86), Fe²⁺, Fe³⁺ (7203.78/6775.17), Ni²⁺ (12.77/29.77), Pb²⁺ (7.41/20.88), Zn²⁺ (53.61/62.78 мг/с кг загрязненной сухой почвы) при уровне токсической нагрузке 3.3/30.0 отн. ед., соответственно.

Как видно из таблицы, максимальная степень извлечения ТМ из всех отобранных образцов почвы наблюдается при использовании *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов. При этом в водную эмульсию биосурфактантов переходит до 75 % ионов ТМ, содержащихся в загрязненной почве, за период однократного отмывания.

Таблица – Уровень извлечения (%) ионов ТМ из образцов техногенно загрязненных луговых почв Свердловской области с помощью (био)сурфактантов

ТМ		<i>Rhodococcus</i> -биосурфактанты, продуцируемые родококками в присутствии		Твин 60	Вода (Контроль)
		<i>n</i> -додекана	<i>n</i> -гексадекана		
Cd ²⁺	Max	56.3	72.6	11.2	7.5
	Min	44.2	61.4	5.6	1.3
Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺	Max	29.5	75.2	12.3	7.8
	Min	18.3	70.3	4.6	3.2
Cu ²⁺	Max	32.4	71.8	9.4	8.2
	Min	19.8	40.1	2.2	0.3
Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Max	44.2	52.4	13.5	8.0
	Min	38.4	44.1	6.8	3.7
Ni ²⁺	Max	67.6	74.3	11.7	5.1
	Min	53.2	58.6	5.7	2.4
Pb ²⁺	Max	33.1	68.7	11.4	7.7
	Min	26.5	61.2	7.7	1.2
Zn ²⁺	Max	57.4	65.1	9.6	4.6
	Min	51.8	60.8	7.3	1.6

Выбор углеводов для получения *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов обусловлен тем, что *Rhodococcus*-биосурфактанты, продуцируемые родококками при росте в жидкой минеральной среде с *n*-гексадеканом, обладают более высокой (до 3.8 раз) функциональной активностью при температурах от 22°C и выше, но замерзают при температуре 15°C, тогда как функциональная активность биосурфактантов, продуцируемых родококками в жидкой минеральной среде с *n*-додеканом, сохраняется в условиях низких температур (5–15°C) [5]. Как видно из таблицы, функциональная активность используемых в работе *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов, продуцируемых родококками в жидкой минеральной среде с *n*-додеканом и *n*-гексадеканом, сопоставима для извлечения из техногенно загрязненных дерново-подзолистых почв таких ионов ТМ, как Cd²⁺, Ni²⁺ и Zn²⁺.

В результате проведенных экспериментов нами были получены положительные результаты использования *Rhodococcus*-биосурфактантных комплексов для извлечения ионов ТМ из техногенно загрязненных дерново-подзолистых луговых почв Свердловской области. В условиях модельных экспериментов установлено, что эффективность очистки антропогенно загрязненной почвы от ионов ТМ с помощью биосурфактантов до 13.5 раз выше, по сравнению с таковой при использовании синтетического сурфактанта Твина 60. Полученные результаты исследования могут быть использованы для решения проблем очистки и восстановления техногенно загрязненных почв.

Таким образом, технология извлечения ТМ из почвы, основанная на применении биосурфактантов, является экологически безопасной и перспективной альтернативой традиционным физико-химическим методам. С учетом потенциальной эффективности использования биосурфактантов для биоремедиации загрязненных ТМ почв развитие данной технологии требует более детального исследования, как то: степени избирательности биосурфактантов в отношении ТМ в растворах и почвенных системах, а также механизмов взаимодействия ионов ТМ с сурфактантными мицеллами в комплексе металл – биосурфактант. При проведении биоремедиации необходимо также учитывать тот факт, что на извлечение ТМ из почвы оказывают влияние: химическая структура, размер мицеллы биосурфактанта, тип и значение рН почвы, состав и степень загрязнения, а также ряд других факторов [1].

Исследования поддержаны Комплексной программой УрО РАН (проект 15-12-4-10).

Список использованных источников

1. Костина, Л.В. Методы очистки загрязненных тяжелыми металлами почв с использованием (био)сурфактантов (Обзор) / Л.В. Костина, М.С. Куюкина, И.Б. Ившина – Вестник Пермского государственного университета. Серия Биология. – 2009. Вып. 10, № 36. – С. 95-110.
2. Miller, R.M. Biosurfactant-facilitated remediation of metal-contaminated soils / R.M. Miller. – Environ. Health Perspectives. – 1995. – V. 103. – P. 59-62.
3. Christofi, N. Microbial surfactants and their use in field studies of soil remediation / N. Christofi, I.B. Ivshina. – J. Appl. Microbiol. – 2002. – V. 93. – P. 915-929.
4. Ochoa-Loza, F.J. Stability constants for the complexation of various metals with a rhamnolipid biosurfactant / F.J. Ochoa-Loza, J.F. Artiola, R.M. Maier. – J. Environ. Qual. – 2001. – V. 30. – P. 479-485.
5. Костина, Л.В. Биосорбция, аккумуляция и способы извлечения тяжелых металлов / Л.В. Костина, М.С. Куюкина, И.Б. Ившина – LAP Lambert Academic Publishing. – 2010. – 254 с.
6. Жуйкова, Т.В. Участие почвенной микробиоты в процессах минерализации органического вещества при химическом загрязнении природных экосистем / Т.В. Жуйкова и др. – Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2012. № 1. С. 108-116.
7. Ившина, И.Б. Почвенный микробиоценоз как показатель стабильности луговых сообществ при химическом загрязнении среды тяжелыми металлами / И.Б. Ившина и др. – Экология. 2014. № 2. С. 83-90.

Litvinenko L.V.

BIOREMEDIATION OF HEAVY METAL-CONTAMINATED SOILS

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS (Russia)

Different modern techniques for soil treatment are considered. Efficiency of biosurfactant application in (bio)remediation of soils polluted with heavy metals are substantiated.

Keywords: biosurfactant, remediation, soil, heavy metal.

ОБЪЁМНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

Н.С. Метельская, В.П. Кабашников, А.В. Норко

Институт физики НАН Беларуси, Минск

Проведено сопоставление объёмной концентрации суммарного аэрозоля и его мелко- и грубодисперсной фракций, рассчитанной по химико-транспортной модели GEOS-Chem и восстановленной по данным измерений на радиометрической станции AERONET в Минске.

Ключевые слова: аэрозоль, модель GEOS-Chem, радиометрическая сеть AERONET.

Аэрозоль относят к основным загрязнителям атмосферы. Аэрозольные частицы, аккумулируя ряд вредных химических веществ, оказывают негативное воздействие на здоровье населения. Содержание аэрозоля в атмосферном воздухе в значительной мере определяет экологическую обстановку в регионе. Частицы аэрозоля участвуют в процессах облако- и осадкообразования, переноса солнечной и тепловой радиации, являясь таким образом одним из важных климатообразующих факторов, в значительной степени влияющим на энергетический баланс планеты.

Измерение содержания аэрозоля в атмосфере проводят с помощью различных инструментов наземного и спутникового базирования. Приземная концентрация аэрозоля измеряется контактными методами, определение содержания аэрозоля во всей толще атмосферы производится дистанционными методами. Однако наземные измерения возможны в ограниченном количестве географических точек, а спутниковые происходят с большими (до недели) временными интервалами. Для оценки содержания аэрозоля во всех узлах некоторой координатной пространственно-временной сетки в глобальном масштабе или в масштабе выбранного региона используются химико-транспортные модели. Моделирование позволяет определять содержание загрязнителей в местах, недоступных для измерений, прогнозировать изменения состава атмосферы, выявлять источники, стоки и пути переноса загрязняющих веществ, проводить оценку величины воздействия производственной деятельности на компоненты окружающей среды и эффективности мер, предпринимаемых для улучшения состояния окружающей среды.

Химико-транспортные модели постоянно совершенствуются, однако результаты модельных расчётов могут всё же иметь значительную неопределённость. Для валидации модельных расчётов необходимо проведение сопоставления с данными измерений. Одним из наиболее надёжных источников информации о содержании аэрозоля в атмосфере являются радиометрические измерения, проводимые с помощью фотометров на станциях международной сети AERONET [1, 2]. На основе измерений прямого и рассеянного солнечного излучения определяется объёмная концентрация суммарного аэрозоля и его мелко- и грубодисперсной фракций по отдельности. Объёмная концентрация [$\text{мкм}^3/\text{мкм}^2$] характеризует содержание аэрозоля во всей толще атмосферы над данной географической точкой и представляет собой толщину слоя аэрозоля, который образуется, если весь аэрозоль, содержащийся в вертикальном столбе атмосферы, опирающемся на участок поверхности единичной площади, осадить на этот участок. В системе AERONET принято относить к мелкодисперсной фракции частицы с радиусом от 0.05 мкм до 0.6 мкм, к грубодисперсной – с радиусом от 0.6 мкм до 15.0 мкм.

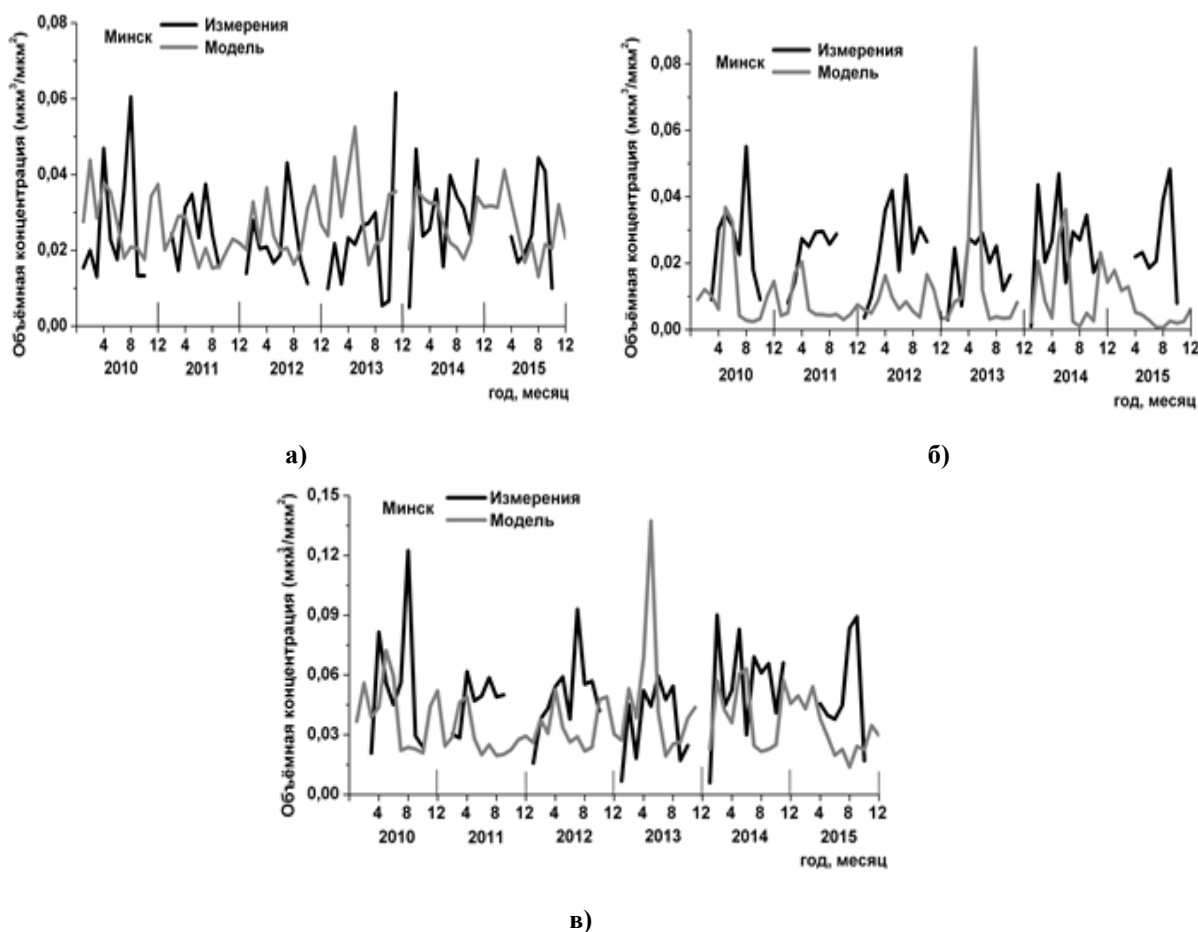
В настоящей работе проведено сопоставление объёмной концентрации аэрозоля, измеренной на станции AERONET в Минске и рассчитанной по химико-транспортной модели GEOS-Chem [3, 4]. Для проведения радиометрических измерений в Институте физики НАН Беларуси используется сканирующий спектральный солнечный радиометр CE-318 (CIMEL) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сканирующий спектральный солнечный радиометр CE-318 (CIMEL)

Модель GEOS-Chem является одной из наиболее распространённых среди химико-транспортных моделей. Входными данными для модели являются метеорологические данные и базы данных поступления химических компонентов и аэрозолей в атмосферу. Используемые базы данных эмиссии аэрозолей включают антропогенные выбросы, выбросы в результате сжигания биотоплива, горения биомассы, извержений вулканов, поступления из морской воды, выветривания. В модель включены микрофизические процессы, связанные с аэрозолем: образование частиц, рост, коагуляция, осаждение и вымывание. Результатом моделирования является распределение концентраций атмосферных примесей в пространстве и времени. В состав аэрозольных частиц входят 24 модельных трассера, из которых к мелкодисперсной фракции относятся сульфаты, нитраты, аммоний, минеральная пыль с эффективным радиусом частиц до 1 мкм, неорганический углерод, органические аэрозоли, морской солевой аэрозоль с эффективным радиусом частиц до 0.5 мкм, к грубодисперсной фракции – минеральная пыль с эффективным радиусом частиц свыше 1 мкм и морской солевой аэрозоль с эффективным радиусом частиц свыше 0.5 мкм. Нитраты, сульфаты, аммоний, морская соль и органические аэрозоли считаются гидрофильными, минеральная пыль – гидрофобной. Для учёта увеличения объёма гидрофильных частиц в результате увлажнения вводится фактор гигроскопического роста, рассчитываемый для каждого вида аэрозоля для каждой ячейки пространственной сетки модели в зависимости от относительной влажности воздуха. Масса сухого аэрозоля данного вида в ячейке является результатом моделирования. Объёмная концентрация аэрозольных частиц данного вида рассчитана нами на основе модельных данных о массе сухого аэрозоля, плотности сухих частиц различных видов аэрозоля и фактора гигроскопического роста. Объёмная концентрация мелко- и грубодисперсной фракций аэрозоля получена путём суммирования объёмных концентраций аэрозольных частиц соответствующих видов.

Расчёты среднемесячной объёмной концентрации суммарного аэрозоля и его мелко- и крупнодисперсной фракций проведены нами за период с 2010 по 2015 годы. Сопоставление результатов расчётов с данными измерений приведено на рисунке 2.



а) – мелкодисперсная фракция; б) – грубодисперсная фракция; в) – суммарный аэрозоль
 Рисунок 2 – Сопоставление расчётов по модели GEOS-Chem с измерениями радиометрической сети AERONET в Минске

Расчитанные и измеренные объёмные концентрации совпадают по порядку величины. В общих чертах отражены сезонные колебания. Однако в некоторых случаях имеет место разница в несколько раз. Такой уровень совпадения считается удовлетворительным в моделировании переноса примесей в атмосфере. Для улучшения качества картины пространственно-временного распределения аэрозолей в атмосфере в настоящее время развивается новое направление: ассимиляция данных наблюдений в модели переноса. Развитие методов ассимиляции является целью нашей дальнейшей работы.

Список использованных источников

1. Aerosol Robotic Network [Electronic resource]. – Mode of access: <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>.
2. AERONET-A federated instrument network and data archive for aerosol characterization / B.N. Holben [et al.] // Remote Sens. Environ. – 1998. – Vol. 66. – P. 1–16.
3. GEOS-Chem Model [Electronic resource]. – Mode of access: <http://acmg.seas.harvard.edu/geos>
4. Global modeling of tropospheric chemistry with assimilated meteorology: Model description and evaluation / I. Bey [et al.] // J. Geophys. Res. – 2001. – Vol. 106. – P. 23073–23096.

Miatselskaya N.S., Kabashnikov V.P., Norka H.V.

ATMOSPHERIC AEROSOL VOLUME CONCENTRATION FROM MEASUREMENTS AND MODELLING

Institute of Physics of National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

The results of the model simulation of fine, coarse and total aerosol volume concentrations are compared with sun-photometer observations at AERONET station in Minsk.

Keywords: aerosol, model GEOS-Chem, radiometric network AERONET.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

В.А. Ракович, Н.Н. Бамбалов

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск

Почти во всех административных районах Гродненской области (за исключением Новогрудского и Ошмянского) выявлены сельскохозяйственные земли, расположенные на выработанных торфяных месторождениях, которые по своим природно-генетическим характеристикам малопригодные или вообще непригодные для ведения сельского хозяйства.

Сельскохозяйственные земли, заросшие кустарником, бурьяном или подтопленные занимают 7121 га. Эти земли потенциально могут быть использованы для выращивания растительной биомассы используемой в энергетических целях.

Ключевые слова: выработанные торфяные месторождения, растительная биомасса, Гродненская область, энергетика.

Энергия растительной биомассы представляет собой уловленную в процессе фотосинтеза солнечную энергию, преобразованную в органическое вещество. Особенно перспективно целенаправленное выращивание болотных растений на выработанных торфяных месторождениях для производства возобновляемой биомассы, так как эти территории малопригодны для других направлений хозяйственного использования. Произведённая биомасса может использоваться для получения тепловой и других видов энергии. Общеизвестно, что в процессе фотосинтеза солнечная энергия превращается в энергию органического вещества, причём источником углерода является углекислый газ атмосферы.

Ежегодно отмирающая часть болотных растений перерабатывается живыми организмами, использующими энергию органического вещества для обеспечения своих жизненных процессов. В процессе торфообразования от 84 до 95 % органического вещества отмерших болотных растений разрушается до конечных продуктов минерализации: воды, диоксида углерода, аммиака, сероводорода, оксидов азота и серы, остальная часть (5–16 %) органического вещества отмерших болотных растений сохраняется в местах их произрастания в виде торфа. В результате этих природных процессов основная часть уловленной болотными фитоценозами солнечной энергии расходуется живыми организмами, утилизирующими биомассу отмерших растений, а люди могут использовать только незначительную часть солнечной энергии, которая накопилась в торфяных отложениях, что для практической деятельности людей энергетически невыгодно.

Указанные потери энергии можно исключить, если собрать в конце вегетационного периода урожай биомассы болотных фитоценозов и использовать её для получения тепловой энергии разными методами, например, прямым сжиганием, получением топливных пеллет, добавками к торфяным брикетам и др.

В этом случае основная часть уловленной болотными растениями солнечной энергии может быть использована в хозяйственных целях.

В качестве исходных материалов для анализа состояния выработанных торфяных месторождений Гродненской области использованы кадастровый справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР», «Схема рационального использования и охраны торфяных ресурсов Республики Беларусь на период до 2010 года», материалы геологических разведок и проекты на разработку торфяных месторождений, данные, полученные от землеустроительной и геодезической службы каждого исследованного района, картосхемы особо охраняемых

природных территорий, материалы космической съёмки за последние два года, нормативные документы и некоторые другие.

Выполненные исследования показали, что из их общей площади 15119 га пригодно для использования в качестве улучшенных сенокосов 7998 га (52,9 %).

В результате выполнения исследований выявлены площади на выработанных торфяных месторождениях, направление использования которых не соответствует их природно-генетическим свойствам: в Берестовицком районе общая площадь таких земель составляет 227 га, в Волковыском районе – 33 га, в Вороновском – 257 га, в Гродненском – 2103 га, Дятловском – 14 га, Зельвенском – 203 га, Ивьевском – 236 га, Кореличском – 543 га, Лидском – 2203 га, Мостовском – 190 га, Новогрудском и Ошмянском – нет, Островецком – 23 га, Свислочском – 493 га, Слонимском – 103 га, Сморгонском – 155 га, Щучинском – 338 га.

В исследованных районах Гродненской области выработанные торфяные месторождения и участки используются в основном в сельском и лесном хозяйстве. Однако не всегда капиталовложения в сельскохозяйственную рекультивацию дают ожидаемый экономический эффект вследствие того, что не все торфяные месторождения по своим природным характеристикам (геоморфологическим, геологическим, гидрологическим, агрохимическим и др.) пригодны для создания на них сельскохозяйственных земель. Неэффективное использование выработанных торфяных месторождений в сельском хозяйстве приводит к их зарастанию древесно-кустарниковой растительностью, такие территории в исследуемых районах уже появились. Исключение составили земли Новогрудского и Ошмянского районов. Все эти земли целесообразно изъять из категории сельскохозяйственных земель с изменением направлений использования согласно ТКП 17.12-01-2008 (02120).

Сельскохозяйственные земли, заросшие кустарником, бурьяном или подтопленные занимают 7121 гектар, эти земли потенциально могут быть использованы для выращивания энергетической биомассы.

Во многих случаях на выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождениях по вышеуказанным причинам не удаётся вырастить даже лесные культуры, что связано с непригодностью таких территорий для лесопосадок, поэтому специалисты лесного хозяйства стремятся отказаться от использования таких торфяников для посадки лесных культур.

Будучи заброшенными и продолжая находиться в осушенном состоянии, такие территории не только дестабилизируют биосферные процессы, но и являются местами повышенной пожароопасности. Многие крупные пожары в лесах и населенных пунктах начинались с возгорания выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений, при этом особую опасность представляют пожары на торфяных месторождениях, загрязнённых радионуклидами. Повторное заболачивание выработанных торфяных месторождений надёжно предотвращает пожары на таких территориях.

Вполне очевидно, что существующая многолетняя практика использования выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений противоречит биосферным процессам, не соответствует современным методам хозяйствования и природопользования, поэтому нуждается в коренном пересмотре с учётом новых научных знаний. Ранее существовавший произвольный подход к выбору направлений использования таких территорий должен быть заменён научно обоснованным подходом.

При полной реализации всех разработанных мероприятий на выработанных торфяных месторождениях изученные административные районы Гродненской области получат значительный экономический и экологический эффект.

Экологический эффект от реабилитации торфяных месторождений на площади 7121 гектар составит:

- уменьшение эмиссии диоксида углерода – 37714 тонн в год,
- выделение в атмосферу кислорода – 4442 тонн в год,

- уменьшение стока органических веществ в водоприёмники – 3204 тонн в год,
- уменьшение стока минеральных веществ в водоприёмники – 3916 тонн в год,
- предотвращение пожаров,
- возрождение болот и процессов торфообразования,
- возобновление болотного биоразнообразия.

Выработанные участки торфяного месторождения в результате повторного заболачивания превращаются из пожароопасных территорий в пожаробезопасные. Вместо загрязнения атмосферы и грунтовых вод продуктами минерализации торфа (диоксид углерода, аммиак, нитраты и др.), оставшегося на выработанных участках после завершения добычи, при произрастании болотных растений происходят процессы очистки атмосферы и грунтовых вод, в атмосферу поставляется дополнительное количество кислорода. Таким образом, по своей сути данный подход весьма экологичен, и его экологическая эффективность чётко выражена.

Каждый гектар восстановленного болота в среднем в год даёт по 8–12 тонн сухой биомассы болотных растений, а всего на повторно заболоченных участках выработанного торфяного месторождения Докудовское, ежегодно производится от 9,0 до 14,5 тонн болотной биомассы, часть которой вполне можно использовать для производства топливных пеллет или в качестве добавок к торфяным брикетам.

Энергетическая эффективность использования растительной биомассы в энергетических целях чётко выражена, поскольку производимая на бросовых землях возобновляемая энерготехнологическая фитомасса перерабатывается в конкретные виды топлив – торфяные брикеты с добавками фитомассы, либо полностью состоящие из растительной биомассы пеллеты. Экологически чистые топливные пеллеты могут использоваться в Беларуси или стать предметом экспорта в западноевропейские страны.

В этом направлении на Лидском торфобрикетном заводе впервые отработаны два варианта переработки биомассы болотных растений в реальные формы топлива – торфяные брикеты с добавкой биомассы от 10 до 50 % и растительные пеллеты и пеллеты из торфа и фитомассы.

К настоящему времени несколько технологий энергетического использования разных видов растительной биомассы в основном отработаны, а вопросы целенаправленного производства биомассы болотных растений ещё даже не начинали решаться. Здесь необходимо проводить серьёзные научные исследования, конечной целью которых должна быть технология управляемого производства и хранения в течение нескольких месяцев энерготехнологической биомассы, выращенной на выработанных торфяных месторождениях.

Необходима частичная переориентация научных исследований для торфодобывающей отрасли, организация научных полигонов и подготовка специалистов для решения фундаментальных и прикладных задач энерготехнологического болотоводства.

Rakovitch V.A., Bambalov N.N.

POSSIBILITIES OF PLANT BIOMASS USING OF THE DEVELOPED PEAT DEPOSITS OF GRODNO REGION IN POWER ENGINEERING

Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk (Belarus)

Almost in all administrative districts of Grodno region (with the exception of Novogrudok and Oshmyany districts) agricultural lands located on the developed peat deposits are identified and according to their natural-genetic characteristics they are of little use or generally unsuitable for agriculture.

Agricultural lands overgrown with shrubs, weeds or flooded areas occupy 7121 hectares. These lands can potentially be used for growing plant biomass used for energy purposes.

Keywords: developed peat deposits, plant biomass, Grodno region, power engineering.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «КРАСНОСЕЛЬСКСТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

Е.А. Самусик¹, С.Е. Головатый¹, Анучин С.Н.², Ануфрик С.С.²

¹Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова БГУ,
Минск

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Разнообразные соединения естественного и антропогенного происхождения, накапливаясь в почве, обуславливают ее загрязненность и токсичность. Проведенные исследования по изучению содержания тяжелых металлов в почвах, прилегающих к предприятию ОАО «Красносельскстройматериалы», позволили оценить степень загрязнения почв этими элементами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почвенный покров, цементная промышленность.

Введение. Одним из источников загрязнения окружающей среды, в том числе почв, является промышленное производство строительных материалов. Отходы и выбросы цементного производства включают в основном пыль и аэрозоли, попадают вначале в атмосферу, а затем накапливаются в поверхностных водах, снеге, почвах и в конечном счете в покровных отложениях.

Почвы в зонах воздействия цементных производств являются малоисследованными. В то же время данная проблема представляет определенный интерес с точки зрения выявления особенностей трансформации почв с целью дальнейшего установления путей и механизмов поступления и распространения в них загрязняющих веществ, специфичных для данного вида производства.

В настоящей работе проведены исследования по изучению профильного распределения тяжелых металлов (ТМ) в почвах и оценке степени загрязнения ими земель.

Методика проведения исследований. Почвенно-экологическое обследование земель проводили в апреле-мае 2017 г.

Объект исследования – почвы в зоне влияния цементного производства (на примере ОАО «Красносельскстройматериалы»).

Методы исследования – полевые и лабораторные эксперименты, физико-химический анализ, статистическая обработка экспериментальных данных.

Полевые исследования проводили посредством отбора почвенных образцов, согласно методическим указаниям [1]. Пробы почвы отбирали с помощью тростевого бура на глубине 0–10 см; 10–20 см; 20–25 см., путем формирования объединенной пробы из 5 точечных уколов тростевым буром на расстоянии 20 м друг от друга. Объединенную пробу тщательно перемешивали, очищали от растительных остатков и вместе с этикеткой заворачивали в бумажный пакет. Для изучения пространственного распределения содержания тяжелых металлов в почвах почвенные образцы отбирали в радиальном направлении (в радиусе до 2,5 км) относительно сторон света на определенном расстоянии от источника загрязнения (0; 1000 м; 1500 м; 2000 м; 2500 м).

Все химико-аналитические исследования почв проводили по гостированным и общепринятым методикам:

- кислотность обменная – потенциометрически, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483-85);
- химико-аналитическое исследование отобранных образцов почв на валовое содержание тяжелых металлов (Ni, Cu, Zn, Pb, Cr, Ti, Hg, As, Ba) с использованием рентгенофлуоресцентного метода;

Оценка загрязнения образцов почв проводилась в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов, устанавливающих значения предельно- или ориентировочно-допустимых концентраций загрязняющих веществ в почве [2]. Определение тяжелых металлов в почве проводили из трех параллельных навесок. Пробоподготовка и

лабораторные исследования образцов проводилась в соответствии с методикой [3]. Статистическая обработка полученных результатов измерений проводилась с использованием прикладных программных пакетов «Statistika 6,0» и программного продукта «Microsoft Excel 2013».

Измерения количественных показателей массовой доли химических элементов в пробах почвы проводились с использованием методики выполнения измерений МВИ.МН 4092-2011. Границы погрешности измерений ($P=0,95$) по данной методике составляют $\pm(0,5-30,0)\%$. Оценка погрешностей измерений, устанавливаемая в соответствии с утвержденной МВИ (методика выполнения измерений), осуществлялась автоматически в ходе выполнения измерений средствами программного обеспечения спектрометра энергий рентгеновского излучения СЕР-001. Показатели повторяемости и воспроизводимости настоящей МВИ получены в ходе эксперимента, организованного и подвергнутого анализу в соответствии с СТБ ИСО 5725-1-2002.

Результаты единичных измерений массовой доли химических элементов в пробе ω , статистическая погрешность, а также границы погрешности Δ выводились в цифровом виде на экран персонального компьютера. Числовые значения результата измерения и погрешности Δ представлялись так, чтобы они оканчивались цифрами одного порядка.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время известно, что большинство элементов, в том числе и тех, которые относятся к группе «тяжелых металлов», в определенных количествах необходимы для жизнедеятельности живых систем. Многочисленными исследованиями установлено, что влияние металлов разнообразно и зависит от степени нуждаемости в них микроорганизмов, растений, животных и человека. Фитотоксическое действие ТМ проявляется на высоком уровне техногенного загрязнения ими почв и зависит от свойств и особенностей поведения конкретного металла [4].

Исследования показали, что преобладающим типом почвы в зоне проведения экспериментов были дерново-подзолистые супесчаные и суглинистые. Кислотность этих почв колебалась в среднем в пределах рН 7,5-9,0 и в среднем составила – рН 8,4.

Никель. В верхних горизонтах почв никель присутствует в связанных с органическим веществом формах, часть которых находится в виде легкорастворимых хелатов. Распределение Ni в почвенном профиле определяется содержанием органического вещества, аморфных оксидов и количеством глинистой фракции. Элемент никель, слабо подвижный в кислых почвах, в щелочной среде переходит в растворимые, подвижные и крайне токсичные формы [5].

В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 20,0 мг/кг никеля [6]. Гигиенические нормативы для концентраций никеля следующие: ПДК (ОДК) для песчаных и супесчаных почв – 20 мг/кг, для суглинистых и глинистых почв – 80 мг/кг [2].

Наши исследования показали, что среднее содержание никеля в отобранных образцах в горизонте 0-10 см составляет 40,46 мг/кг, в горизонте 10-20 см – 41,42 мг/кг, в горизонте 20-25 см – 44,78 мг/кг. Полученные данные свидетельствуют, что содержание этого элемента в исследуемых почвах превышает геохимический фон, коэффициент концентрации этого элемента составляет (K_c) = 1,2-3,2.

Медь. В почве катионы меди взаимодействуют с органическими и минеральными соединениями и могут осаждаться такими анионами, как сульфид, карбонат и гидроксид. Поэтому медь является малоподвижным элементом в почвах. Гуминовые и фульвокислоты способны образовывать устойчивые комплексы с медью [5].

В почвах Беларуси содержание меди составляет 13,0 мг/кг [6]. ПДК (ОДК) в песчаных и супесчаных почвах для меди составляет 33,0 мг/кг, для суглинистых и глинистых почв – 132 мг/кг [2].

Средневзвешенное содержание валовых форм Cu в отобранных образцах в горизонте 0-10 см составляет 22,9 мг/кг, в горизонте 10-20 см – 28,4 мг/кг и горизонте 20-25 см – 27,6 мг/кг, что превышает геохимический фон с коэффициентом концентрации (K_c) = 1,2-2,8.

Цинк. С органическим веществом почвы этот элемент образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса [5].

Среднее содержание цинка в почвах Беларуси составляет 35,0 мг/кг [6]. Для песчаных и супесчаных почв ПДК (ОДК) для цинка равна 55,0 мг/кг, для суглинистых и глинистых почв – 220 мг/кг [2]. В щелочных средах Zn образует металлоорганические комплексы и поглощается почвой.

Среднее содержание цинка в отобранных образцах почвы в горизонте 0-10 см составляло 52,49 мг/кг, в горизонте 10-20 см – 60,24 мг/кг и горизонте 20-25 см – 63,47 мг/кг соответственно. В результате эксперимента установлено, что содержание цинка в почвах ниже существующего ПДК (ОДК), но превышает региональный кларк с $K_c = 1,2-2,5$.

Свинец. Региональный кларк Pb составляет 12 мг/кг [6]. Гигиенические нормативы для концентраций Pb в почве - 32 мг/кг [2].

Анализ содержания валового Pb в почвах отобранных образцов показал, что его концентрации превышают фоновый уровень, или региональный кларк на юге-востоке территории предприятия в радиусе 1 км, где содержание элемента выше нормативного уровня с $K_c = 1,3-4,0$.

Хром. Региональный кларк Cr составляет 36 мг/кг [6]. Гигиенические нормативы для концентраций Cr в почве – 100 мг/кг [2].

Анализ данных, полученных в результате исследования, свидетельствует о том, что средневзвешенное содержание валовых форм Cr в отобранных образцах в горизонте 0-10 см составляет 128,15 мг/кг, в горизонте 10-20 см – 107,14 мг/кг и горизонте 20-25 см – 139,87 мг/кг, что превышает геохимический фон с коэффициентом концентрации (K_c) = 1,1-7,3.

Титан. В почвах Республики Беларусь в среднем содержится 1562 мг/кг титана [6]. Средневзвешенное содержание валовых форм Ti в исследуемых почвах в среднем составляет 1964,4 мг/кг, что превышает геохимический фон с $K_c = 1,1-2,6$.

Ртуть. Основное количество ртути в сырье для производства цемента вносится с техногенными добавками и, прежде всего, с пиритными огарками.

Средневзвешенное содержание валовых форм Hg в почвах исследуемой территории в среднем составляет 1,69 мг/кг. Отмечается превышение геохимического фона содержания этого элемента с $K_c = 1,2-1,4$.

Барий. Кларк бария в земной коре составляет 370 мг/кг [6]. Содержание Ba в почвенных образцах в среднем составляет 1144,3 мг/кг, что превышает геохимический фон с $K_c = 1,1-3,4$.

Мышьяк. Предельно допустимая концентрация As в почвах составляет 2,0 мг/кг [2]. В щелочных условиях растворимость мышьяка, а значит, и его подвижность – возрастают. Находящиеся в почве соединения и минералы мышьяка легко растворимы, особенно в восстановительной среде. Данный элемент сильно сорбируется гидроксидами железа и марганца [8].

Анализ данных по содержанию As в почвенных образцах показал, что его содержание во всех пробах почв ниже регионального кларка (величина содержания в горизонте 0-10 см составляет 0,61 мг/кг, в горизонте 10-20 см – 1,10 мг/кг, в горизонте 20-25 см – 1,16 мг/кг).

Таким образом, исследованиями установлено, что коэффициент концентрации Ti, Cu, Hg и As <3 , в то время как, коэффициент концентрации в почвах Cr, Ni, Zn, Pb и Ba >3 (рисунок), что свидетельствует о тенденции аккумуляции валовых форм данных химических элементов в почвах территорий, прилегающих к предприятию ОАО «Красносельскстройматериалы».

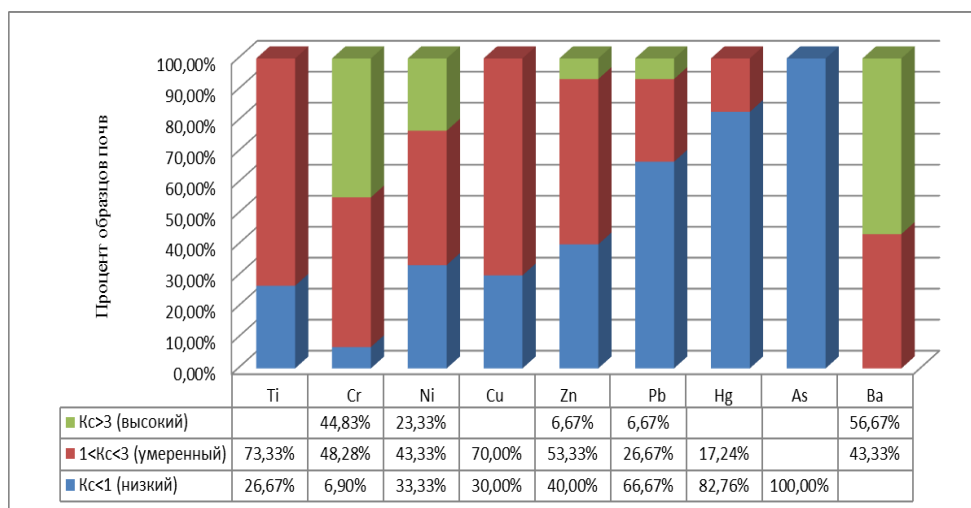


Рисунок – Распределение ТМ (%) в почвенных образцах по коэффициенту концентрации

Расчеты коэффициента техногенной концентрации дают возможность выстроить химические элементы в следующей последовательности (в порядке убывания): Cr (3,08) > Ba (2,94) > Ni (2,11) > Cu (1,59) > Zn (1,45) > Ti (1,24) > Pb (1,00) > Hg (0,78) > As (0,19).

Таким образом, проведенные исследования показали, что внутрипрофильное распределение концентраций тяжелых металлов, за исключением Ba, в почвах характеризуется относительным накоплением в горизонте 20-25 см. Характерной особенностью для бария является некоторая его аккумуляция в поверхностном слое почвы, однако с глубиной содержание Ba снижается.

Список использованных источников

1. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1992. – 61 с.
2. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-01-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве / М-во здравоохранения Республики Беларусь. – Минск, 2004. – 45 с.
3. Ринкис, Г. Я. Оптимизация минерального питания растений / Г. Я. Ринкис. – Рига : Зинатне, 1972. – 352 с.
4. Амосова, Н. В. О комбинированном действии алюминия и железа на проростки ячменя и пшеницы / Н. В. Амосова, Б. И. Сынзыныс // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – № 1. – С. 85–87.
5. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение / М. М. Овчаренко [и др.] ; под общ. ред. М. М. Овчаренко. – М. : Пролетарский светоч, 1997. – 291 с.
6. Петухова, Н. Н. Кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Докл. АН Беларуси. – 1992. – Т. 26, № 5. – С. 461–465.
7. Виноградов, Б. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России / Б. В. Виноградов, В. П. Орлов, В. В. Снакин // Изв. РАН. Серия географическая. – 1993. – № 5. – С. 13-27.
8. Водяницкий, Ю. Н. Хром и мышьяк в загрязненных почвах. Обзор литературы / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение, 2009. – № 5. – С. 551–559.

Samusik E.A.¹, Golovaty S.E.¹, Anuchin S.N.², Anufrik S.S.²

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF CEMENT PLANT OJSC «KRASNOSELSKSTROYMATERIALY»

¹ Belarussian State University, ISEI BSU (Belarus)

²Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Various connections of natural and antropogenous origin, collecting in ground, cause its impurity and toxicity. Conducted study of heavy metals contamination of soils the territory OJSC “Krasnoselskstroyaterialy” allowed to get information of their bulk concentration of insufficiently known heavy metals – Ni, Cu, Zn, Pb, Cr, Ti, Hg, As, Ba.

Keywords: heavy metals, soil cover, cement industry.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТОРФА

Н.Е. Сосновская, А.Э. Томсон, А.С. Самсонова, Т.В. Соколова, В.С. Пехтерева
Институт природопользования НАН Беларуси, Минск

Предложен новый композиционный материал на основе торфа и микроорганизмов-деструкторов нефти для удаления нефтяных загрязнений из объектов окружающей среды, эффективность применения которого апробирована в условиях полевого мелкоделяночного опыта.

Ключевые слова: торф, нефть, композиционный материал, микроорганизмы-деструкторы нефти, рекультивация, степень деградации нефти.

Введение. Нефть и нефтепродукты составляют особую группу поллютантов почвенного покрова территорий, на которых происходит добыча, транспортировка и переработка нефти. Поскольку на современном уровне развития нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности не представляется возможным исключить ее воздействие на окружающую среду, возникает необходимость разработки новых и совершенствование существующих технологий рекультивации нефтезагрязненных почв.

Выбор конкретного метода зависит от уровня загрязнения, состава нефти, давности загрязнения, свойств почвы, ландшафтных и климатических условий. Как правило, необходимо применение комплекса методов.

В процессе воздействия углеводородов нефти на почву изменяются не только ее физико-химические характеристики, но и происходит обеднение почвы наиболее ценными питательными компонентами. В связи с этим актуальной экологической проблемой становится разработка технологии рекультивации, связанная не только с удалением загрязняющих веществ, но и с восстановлением баланса гумуса в почве путем внесения природного гумусоносного материала – торфа. Практика использования ряда микробных препаратов для удаления нефтяных загрязнений во многих странах подтвердила перспективность применения для этих целей активных штаммов микроорганизмов-деструкторов нефти.

Иммобилизация клеток микроорганизмов на твердом носителе способствует повышению их биохимической активности и скорости деструкции загрязняющих веществ, защите их от воздействия отрицательных факторов окружающей среды, накоплению большого количества активной биомассы на единицу очищаемого объема среды, а также увеличению контакта рабочего объема биомассы с метаболизируемым ею субстратом [1–3].

Материалы и методы исследования. С целью определения возможности применения композиционного материала на основе торфа и микроорганизмов – деструкторов нефти для ускорения деградации нефти в почве на территории экспериментальной базы «Свислочь» НАН Беларуси был заложен мелко-деляночный полевой опыт в 4-х кратной повторности. Схема опыта представлена в таблице.

Сырую нефть вносили путем равномерного разбрызгивания в количестве, соответствующем величине загрязнения 100 ПДК. Для локализации нефтяных загрязнений и в качестве носителя для штаммов микроорганизмов-деструкторов нефти рода *Rhodococcus* использовали композиционный сорбционный материал на основе торфа в количестве 0,5 кг, исходя из нефтеемкости 3 кг/кг. Все компоненты заделывали в почву путем рыхления.

Контроль за динамикой разложения нефти в почве осуществляли путем отбора почвенных проб с периодичностью 30 дней для проведения химических и микробиологических анализов. Для фиторекультивации нефтезагрязненных земель в начале второго вегетационного периода на опытных делянках был произведен высев смеси из трех видов травяных культур – костер безостый, лисохвост и овсяница в равных соотношениях, норма посева смеси составила 9 г/м² с учетом всхожести семян.

Концентрацию углеводов нефти в пробе определяли ИК-спектрофотометрическим методом после экстракции нефтепродуктов (НП) из почвы четыреххлористым углеродом.

Степень деградации нефти (S) рассчитывали по формуле:

$$S = 100 - C/C_0 \cdot 100,$$

где C – конечная концентрация нефти, мг/г; C_0 – концентрация внесенной нефти, мг/г.

Численность популяции микроорганизмов учитывали методом серийных разведений при посеве в чашки Петри с агаризованной средой Е-8 (г/дм³): NaCl – 0,5; (NH₄)₂HPO₄ – 1,5; KН₂PO₄ – 0,7; MgSO₄ · 7H₂O – 0,8; нефть – 0,1 ; pH 7,3.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты химических и микробиологических анализов почвы в динамике приведены в табл.

Таблица – Степень деградации нефти (S) в условиях полевого мелкоделяночного опыта в течение первого вегетационного сезона

Вариант опыта	Степень деградации нефти, %			
	за 30 суток	за 60 суток	за 90 суток	за 120 суток
1. Фон – почва	–	32,5	36,2	53,4
2. Почва + нефть	28,6	41,6	46,8	67,8
3. Почва + нефть + композиционный материал	38,4	52,2	54,1	78,3
4. Почва + нефть + культура	41,2	61,7	67,6	85,0
5. Почва + нефть + композиционный материал + культура	53,3	32,5	36,2	53,4

Содержание нефти в варианте 2 уменьшилось на 28,6 % (30-е сутки) в результате испарения ее легких фракций. Незначительное изменение степени деградации (32,5 %, 60-е сутки и 36,2 %, 90-е сутки) можно объяснить протеканием естественных деструктивных процессов в нефтезагрязненной почве.

Несколько лучше протекают процессы деградации в варианте 3, хотя и с невысокой скоростью. Некоторое увеличение скорости в данном случае может быть объяснено участием в деструктивных процессах привнесенной с композиционным материалом естественной микрофлоры, рост численности микроорганизмов с 0,24 до 0,83 · 10⁸ КОЕ/г почвы.

Внесение микроорганизмов – деструкторов нефти в виде культуральной жидкости (вариант 4) приводит к увеличению степени деградации нефти, которая к 90-м суткам наблюдения составила 54,1 %, при этом отмечается рост численности микроорганизмов, в том числе и деструкторов нефти, с 0,28 до 3,58 · 10⁸ и с 0,28 до 2,18 · 10⁷ КОЕ/г почвы.

Иммобилизация микроорганизмов-деструкторов на композиционном материале стимулирует жизнедеятельность как аборигенных, так и интродуцированных микроорганизмов-деструкторов. Композиционный материал на основе торфа защищает интродуценты от неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды и создает благоприятные условия для эффективного разрушения нефти. За период наблюдений в первом вегетационном сезоне (120 суток) степень деградации нефти в варианте 5 составила 85,0 %, что на 31,6 % выше, чем в фоновой нефтезагрязненной почве (табл.). Общая численность микроорганизмов в почве варианта 5 увеличилась до 6,83 · 10⁸ кл./г почвы по сравнению с контрольным вариантом – 0,28 · 10⁸ кл./г почвы, что свидетельствует об активном восстановлении микробиоценоза почвы.

Данные, представленные на рисунке, свидетельствуют, что применение композиционного материала позволяет достичь увеличения выхода биомассы растений в 6–8 раз по сравнению с нефтезагрязненной почвой. Степень токсикации растений снижается с 91,3 % до 44,6 % по зеленой массе, и с 85,5 % до 32,5 % по сухой массе. Площадь зарастания травяной растительностью на опытных делянках с применением торфа составила 37,5 %, с применением культуры микроорганизмов-деструкторов нефти – 62,5 %, а с применением композиционного материала – 87,5 % по сравнению с не загрязненной почвой.

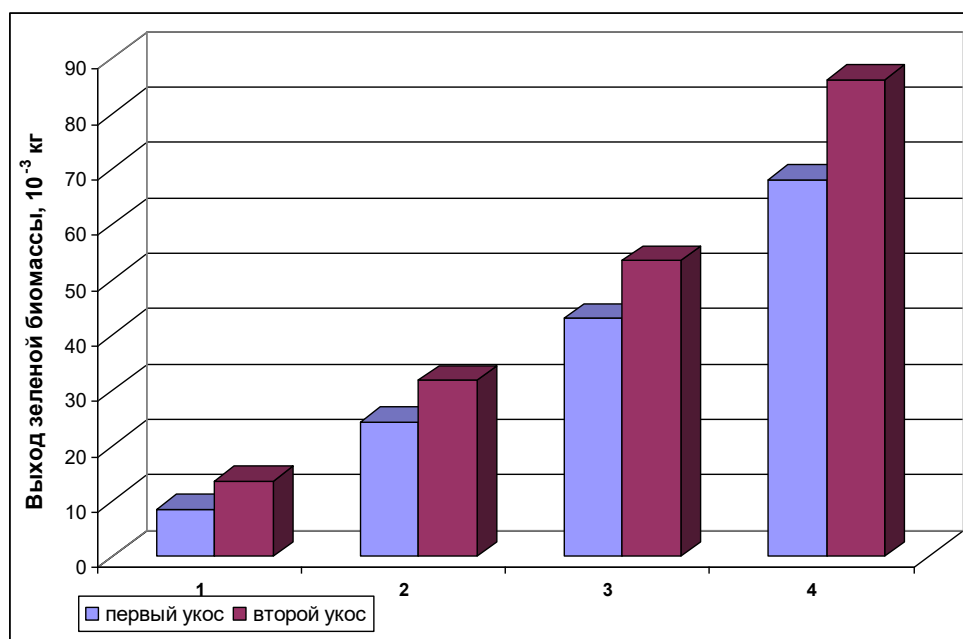


Рисунок – Выход зеленой биомассы травяных культур в условиях полевого мелко-деляночного опыта:
1 – почва + нефть; 2 – почва + нефть + композиционный материал; 3 – почва + нефть + культура; 4 – почва + нефть + культура + композиционный материал

Заключение. Показано, что высокая эффективность очистки почвы от нефти достигается иммобилизацией микроорганизмов-деструкторов на торфяном носителе, обладающем высокими сорбционными свойствами и обеспечивающуем улучшение контакта с загрязнителем, и позволяет сформировать устойчивый травяной покров на нефтезагрязненных землях за один вегетационный сезон и достичь необходимого уровня рекультивации.

Для ускорения процессов деградации нефти в почве определены агротехнические приемы, улучшающие воздушный, кислотный и влажностный режимы почвы, как необходимые элементы комплекса рекультивационных мероприятий.

Список использованных источников

1. Вавер, В.И. Методическое руководство по рекультивации нефтезагрязненных земель в условиях месторождений нефти Западной Сибири. – Нижневартовск, 1997.
2. Габасова, И.М. Рекультивация серой лесной почвы, загрязненной нефтяным шламом // Нефтяное хозяйство. – 2001. № 7. – С.81–84.
3. Финкельштейн, З.И. Микробная деградация нефти и нефтепродуктов // Биотехнология защиты окружающей среды: тез. докл. конф., Пушино, 18–19 окт. 1994 г. / Ин-т биохимии физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН. – Пушино, 1994. – С. 5–6.

Sosnovskaya N.E., Tomson A.E., Samsonova A.S., Sokolova T.V., Pekhtereva V.S.

RECOLTIVATION OF OIL CONTAMINATED SOIL WITH THE USE OF COMPOSITE MATERIAL BASED ON PEAT

Institute of Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk (Belarus)

The proposed new composite material based on peat and microorganisms-destructors of oil for removal oil pollution of environmental objects, which is tested in the field of small plot experiment.

Keywords: peat, oil, composite material, microorganisms-oil destructors, recultivation, oil degradation degree.

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПАРОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ C₅-C₈ НОРМАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ И ИХ ИЗОМЕРОВ АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.Р. Цыганов¹, А.С. Панасюгин², Н.П. Машерова³, Н.Д. Павловский⁴, В.А. Ломоносов⁵

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск

²Белорусский национальный технический университет, Минск

³Военная академия Республики Беларусь, Минск

⁴Гродненский государственный медицинский университет, Гродно

⁵Белорусский государственный университет, Минск

Развитие промышленного производства, использующего органические растворители, ставит задачу предотвращения их выброса в окружающую среду.

При низком содержании органических растворителей наиболее эффективным методом их нейтрализации является адсорбционно-каталитический метод.

Цель данной работы заключается в изучении процессов адсорбции паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров на цеолите NaX и оценке эффективности их нейтрализации адсорбционно-каталитическим методом.

Полученные результаты показали, что максимальная эффективность нейтрализации паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров адсорбционно-каталитическим методом составила 99,4–99,83 %.

Ключевые слова: предельные углеводороды C₅-C₈, нейтрализация, адсорбционно-каталитический метод.

Развитие промышленного производства, использующего органические растворители, ставит задачу предотвращения их выброса в окружающую среду. Большинство традиционных методов каталитической очистки газовых выбросов являются эффективными при достаточно высоких концентрациях органических примесей.

Ранее было показано, что в реальном производственном процессе суммарные концентрации загрязняющих веществ практически всегда колеблются в широком пределе, и, как следствие, оптимизировать режим работы систем нейтрализации, работающих по принципу метода прямого дожигания, весьма проблематично [1].

При выбросах больших объемов воздуха с низким содержанием вредных органических веществ рациональнее использовать адсорбционно-каталитический метод, суть которого состоит в концентрировании газообразных продуктов испарения на сорбенте, их термической десорбции с последующим периодическим беспламенным каталитическим окислением накопленных органических веществ на катализаторе глубокого низкотемпературного окисления.

Высокая эффективность адсорбционно-каталитического метода показана в процессе нейтрализации паров фенола, формальдегида, одноатомных спиртов и др. [2-4].

Целью данной работы являлось изучение процессов адсорбции паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров на цеолите NaX и эффективности их нейтрализации адсорбционно-каталитическим методом.

Для решения поставленной задачи в качестве сорбента нами был выбран синтетический цеолит марки NaX. В качестве катализатора использовали пористые материалы на основе пенокерамики состава Al₂O₃/SiO₂ с нанесенной активной каталитической фазой [3].

Схема модельной установки нейтрализации паров изопропанола адсорбционно-каталитическим методом и принцип ее работы детально описаны в работе [4].

Степень конверсии (S_c) после десорбции газов из сорбционной колонки прохождения через каталитический реактор определяли по формуле:

$$S_c = \frac{C_n - C_k}{C_n} \times 100 \%,$$

где C_n – концентрация паров загрязняющих веществ на входе в каталитический реактор, C_k – концентрация паров загрязняющих веществ на выходе из каталитического реактора.

Ранее было установлено, что оптимальными условиями проведения сорбционного процесса являются: скорость газо-воздушного потока в пределах 0,6 – 0,8 м/с, высота слоя сорбента не более 20 см, диаметр реактора 40 мм, высота 250 мм, загрузка цеолита NaX – 275 г [2].

На рисунке 1 (а, б) представлена зависимость изменения динамической сорбционной емкости цеолита NaX от количества атомов углерода в молекулах предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения, а также для изомеров пентана и октана.

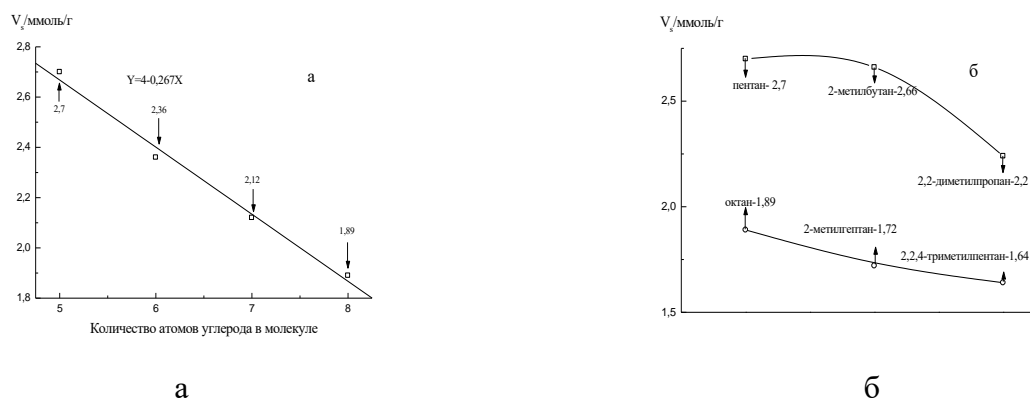


Рисунок 1 – Зависимость изменения динамической сорбционной емкости цеолита NaX, ммоль/г:
а – от количества атомов углерода в молекулах предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения;
б – от строения углеродного скелета пентана и октана.

Из данных рисунка 1а видно, что при увеличении количества атомов углерода в молекулах предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения четко прослеживается линейная зависимость: увеличение углеродной цепи на один атом углерода приводит к снижению динамической сорбционной емкости с 2,7 до 1,89 ммоль/г с шагом 0,267 ммоль/г.

Для изомеров пентана и октана зависимость изменения значений динамической сорбционной емкости имеет более сложный характер (рисунок 1б). При изменении строения углеродного скелета для изомеров пентана наблюдается заметное снижение сорбционного объема (от 2,7 до 2,2 ммоль/г), что обусловлено не только увеличением размеров посадочной площадки молекул вследствие усиления разветвленности углеродного скелета, но и особенностями конформаций молекул, увеличивающих пространственные затруднения при адсорбции. Аналогичная картина имеет место для изомеров октана (1,89–1,64 ммоль/г).

Десорбция паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров и процесс каталитического окисления протекают практически одновременно, некоторые свойства углеводородов и характеристики процесса их конверсии представлены в таблице.

Таблица – Некоторые свойства адсорбатов и характеристики процесса их конверсии.

№, п.п.	Свойства адсорбатов [5]			Емкость сорбционной колонки, ммоль (мг)	Степень конверсии макс., %
	Название	Молекулярная масса, М	Посадочная площадка ω, нм ²		
1	Пентан	72,15	0,37525	742,5 (53 460)	99,7
2	2-метилбутан	72,15	0,37886	731,5 (52 668)	99,6
3	2,2-диметилпропан	72,15	0,38215	605,0 (43 560)	99,4
4	Гексан	86,17	0,41164	649,0 (55 814)	99,7
5	Гептан	100,21	0,44224	583,0 (58 300)	99,8
6	Октан	114,22	0,47389	519,8 (59 257)	99,83
7	2-метилгептан	114,22	0,47593	473,0 (53 922)	99,6
8	2,2,4-триметилпентан	114,22	0,47868	451,0 (51 414)	99,5

Следует отметить, что в ходе протекания термokatалитического окисления предельных углеводородов их нейтрализация происходит в интервале 7–15 минут, при этом температура в реакторе поднимается до 680 °С. За счет инерционности процесса разогрева в объеме катализатора создается зона высокотемпературного горения, где в автокаталитическом режиме реализуется процесс практически полного разложения паров предельных углеводородов C₅-C₈ и их изомеров с эффективностью 99,40–99,83 %.

Таким образом, установлено, что при конверсии паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров температура в каталитическом реакторе доходит до 680 °С, а за счет инерционности процесса разогрева в объеме каталитического реактора создается высокотемпературная зона, где в автокаталитическом режиме происходит процесс нейтрализации органических веществ. Показано, что при этом степень конверсии паров предельных углеводородов C₅-C₈ и их изомеров составляет 99,40–99,83 %.

Список использованных источников

1. Панасюгин А.С., Ратько А.И., Бондарева Г.В. / Окислительная активность адсорбентов-катализаторов на основе высококремнеземных цеолитов // ЖПХ. 2002, т.75, №11, с. 1860-1863.
2. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. / Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки выбросов в атмосферу, образующихся при использовании антипригарных покрытий, содержащих этиловый спирт// Литье и металлургия. 2014, № 4, с. 44-46.
3. Lomonosov V.A., Panasyugin A.S., Smorygo O.L., Mikutskii V.A., et al. /Pd/γ-Al₂O₃ catalysts on cellular supports for VOC vapor neutralization// Catalysis in Industry. 2010, Vol. 2, No 4, pp. 38-392.
4. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. / Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки выбросов формовочных участков литейных цехов от паров фенола и формальдегида // Литье и металлургия. 2014, № 2, с. 19-25.
5. Панасюгин А.С. и др. Сорбция компонентов органических растворителей на цеолите NaX, протекающая в динамических условиях// Химресурс. 2011, №1, с. 38-42.

Tsyganov A.R.¹, Panasyugin A.S.², Masherova N.P.³, Pavlovsky N.D.⁴, Lomonosov V.A.⁵
NEUTRALIZATION OF VAPOURS OF C₅-C₈ SATURATED HYDROCARBONS OF NORMAL STRUCTURE AND THEIR ISOMERS BY THE ADSORPTION-CATALYTIC METHOD

¹Belarusian State Technological University (Belarus)

²Belarusian National Technical University (Belarus)

³Military Academy of the Republic of Belarus (Belarus)

⁴Grodno State Medical University (Belarus)

⁵Belarusian State University (Belarus)

Prevention of the emission of organic solvents vapours into the environment is a high priority task due to development of the industrial production using organic solvents.

At the low concentrations of organic solvent vapours adsorption-catalytic method is the most effective way to neutralize them.

This work is concerned with the study of adsorption of vapours of C₅-C₈ saturated hydrocarbons of normal structure and their isomers on NaX zeolite and the estimation of the efficiency of adsorption-catalytic method.

The results have shown that the efficiency of neutralization of vapours of C₅-C₈ saturated hydrocarbons of normal structure and their isomers by adsorption-catalytic method is 99,40–99,83 %.

Keywords: C₅-C₈ saturated hydrocarbons, neutralization, adsorption-catalytic method.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

UDC 574.5

PLASTICS IN ENVIRONMENT – NEW EMERGENCY POLLUTION OR AN OLD PROBLEM?

J. Karpińska

Institute of Chemistry Department of Biology and Chemistry, University of Białystok, Białystok

Представленная работа посвящена проблеме наличия искусственных полимеров в водной среде. Предусмотрена классификация мусора, а также количественные данные об их нагрузках. Подчеркивается экологическое воздействие пластических отходов на живые организмы. Упоминаются аналитические методы, предназначенные для отбора проб и идентификации экологических полимеров.

Ключевые слова: искусственные полимеры, качество воды, воздействие на окружающую среду, процедура отбора проб, аналитические методы идентификации.

Over 70 years ago started the massive industrial production of artificial polymers. The development of its cheap technology was breakthrough that revolutionized all aspects of human life from textiles, clothing, foodstuffs to household goods. Products made of plastic surround us everywhere replacing metals and wood. According to Plastics Europe, the volume of plastics production in Poland in 2015 was 3.2 million tons. This production is used in various industries, mainly in the packaging (about 40%) and building (20%) industries.

Massive application of plastics, improper disposal of waste and destroyed materials causes an appearance and accumulation of plastics debris in the natural environment. The first reports about the presence of plastics waste at the Atlantic Ocean were published already at the end of the 70's of the 20 century [1, 2].

Plastics garbage are find everywhere, in all latitudes including the Arctic areas. Plastic waste is a heterogeneous group in terms of both chemical origin and shape and dimensions. The most dangerous for the quality of water as well as the life of aquatic organisms are the so-called microplastics (MP), particles below 5 mm. Due to their size, they easily penetrate the food chain [3,4]. At the same time, they themselves are the source of chemical pollutants: plasticizers, additives used in the production of plastics as well as their degradation products. As their surface is porous they can adsorb organic pollutants and metals from aqueous environment and carry them far from polluted area.

At this moment, the problem of the presence of plastics trashes in oceans or sea waters is quite well recognized and described but the number of articles devoted to the presence of microplastics in surface waters (rivers and lakes) is still limited. It is thought, that the main source of this type of pollution in marine waters is the flow of rivers (70-80% of all found plastics in oceans). For example, it has been estimated that more than one million MP per day is flowing into the Pacific with the Los Angeles River current. Data on European rivers are not better. It was stated that about 1500 tons of plastic per year is transported along with the waters of the river Danube to the Black Sea. Overland

sources of MP have not been completely identified. Probably, the main source are sewage treatment plants and outflows from urban, tourist and industrial areas. Another potential source is activated sludge used as fertilizer in agriculture. Microplastic are transferred to the rivers and with their waters to the seas along with surface runoff from fields.

The assessment of the environmental effects of MP in the aquatic environment is a difficult analytical task. It requires solving the following problems: sampling of waters or sediments, separation of MP particles from other solid particles in the sample and chemical identification of the type of plastic. The identification of the sort of MP is sometimes difficult or impossible because the collected particles are usually a mixture of different plastics and additionally their chemical character is changed due to degradation processes occurred in water.

Separation of MP from matrix is achieved by filtration, sieving or flotation [5]. The shape, size and number of individual fractions of MP are characterized by optical microscopy, while their surface morphology is examined by scanning electron microscopy. Chemical identification is done by IR spectroscopy (FTIR), Raman spectroscopy, thermal analysis as well as by gas chromatography with mass spectroscopy detector.

References

1. Edward J. Carpenter, K. L. Smith Jr. *Science* 175 (1972) 1240-1241.
2. Edward J. Carpenter, S.J. Anderson, G.R. Harvey, H.P. Miklas, B.B. Peck. *Science* 178 (1972) 749–750.
3. J.P. da Costa, A.C. Duarte, T.A.P. Rocha-Santos. *Comp. Anal. Chem.* Vol 75. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.coac.2016.10.004>; Elsevier 2017
4. M. Colle, P. Lindeque, E. Fileman, C. Halsband, R. Goodhead, J. Morggrger, T.S. Galloway. *Environ. Sci. Technol.* 47 (2013) 6646-6655.
5. T. Rocha-Santos, A. C. Duarte. *Trends in Anal. Chem.* 65 (2015) 47-53.

Karpińska J.

PLASTICS IN ENVIRONMENT – NEW EMERGENCY POLLUTION OR AN OLD PROBLEM?

Institute of Chemistry Department of Biology and Chemistry, University of Bialystok (Poland)

The presented work is concerned on a problem of a presence of artificial polymers in aqueous environment. The classification of plastics' debris as well as quantitative data of their loads are provided. The environmental impact of plastic wastes on living in oceans animals is highlighted. The analytical methods devoted for sampling and identification of environmental polymers are mentioned.

Keywords: artificial polymers, quality of water, environmental impact, sampling procedure, analytical methods for identification.

BADANIA NAD MOŻLIWOŚCIĄ WYKORZYSTANIA ROŚLIN PŁYWAJĄCYCH DO USUWANIA FTALANÓW I FENOLI ZE ŚCIEKÓW**U. Kotowska, A. Świryo***Zakład Chemii Środowiska, Uniwersytet w Białymstoku, Białystok*

В исследовании обсуждается возможность использования плавающих растений *Lemna minor* и *Wolffia arrhiza* для удаления эндокринных разрушающих соединений из сточных вод. Зарегистрированная эффективность удаления тестируемых соединений варьировалась от 79 до 99,7% для фталатов и от 92 до 99% для фенолов. Самые высокие скорости удаления были записаны в первый и второй день эксперимента. Использование плавающих растений семейства Lemnaceae является эффективным способом удаления не только легкоразлагаемых, но и «вызывающих беспокойство» веществ, таких как OP, NP, TRC, BPA, где использование стандартных методов очистки является неудовлетворительным.

Ключевые слова: эндокринные соединения; фталаты; фенолы; фиторемедиация; *Lemna minor*; *Wolffia arrhiza*.

Obecność w środowisku związków chemicznych, które mają negatywny wpływ na zdrowie człowieka i innych organizmów żywych stale się zwiększa. Przyczyną tego stanu jest coraz większe zużycie różnego rodzaju substancji chemicznych w życiu codziennym oraz w przemyśle i medycynie, jak również niedostosowanie metod oczyszczania ścieków do obecnego poziomu chemizacji życia. Dużym problemem jest przenikanie do środowiska związków, które wykazują działanie zaburzające równowagę hormonalną organizmów. W związku z tym celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie możliwości wykorzystania roślin pływających z rodziny Lemnaceae do usuwania związków o działaniu endokrynnym - fenoli i ftalanów ze ścieków. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem dwóch gatunków roślin – rzęsy drobnej (*Lemna minor*) i wolfii bezkorzeniowej (*Wolffia arrhiza*). Rzęsa drobna jest już od kilkadziesiąt lat stosowana do biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych jako alternatywa lub uzupełnienie tradycyjnego oczyszczania metodą osadu czynnego [1-3]. Możliwość zastosowania wolfii bezkorzeniowej do oczyszczania ścieków była dotychczas badana w bardzo niewielkim zakresie, natomiast doniesienia literaturowe dotyczące właściwości *W. arrhiza* oraz jej odporności na czynniki stresowe, w tym, między innymi, na obecność metali ciężkich są bardzo obiecujące [.....]. Do tej pory nie zostały przeprowadzone badania dotyczące możliwości wykorzystania tych roślin do usuwania ftalanów i fenoli o działaniu endokrynnym z wód zanieczyszczonych.

Badania opisane w niniejszej pracy przeprowadzono dla ośmiu estrów kwasu ftalowego najczęściej wykrywanych w ściekach: dimetylu (DMP), dietylu (DEP), di-*n*-propylu (D_nPP), di-*n*-butylu (D_nBP), diizobutylu (DIBP), diizoheptylu (DIHP), bis 2-etyloheksylu (DEHP), diizononylu (DINP) oraz czterech związków o charakterze fenoli: oktylofenolu (OP), nonylofenolu (NP), triklosanu (TRC) i bisfenolu A (BPA). Eksperymenty prowadzono w kontrolowanych warunkach temperatury i oświetlenia, z wykorzystaniem pożywek syntetycznych wzbogaconych o badane związki endokrynne oraz rzeczywistych ścieków komunalnych. Hodowle przeprowadzono w cyklach siedmio- lub czternastodniowych, przy czym próbki pożywki pobierano do badań po jednej, dwóch, trzech, siedmiu i czternastu dobach prowadzenia eksperymentu.

Zarejestrowana efektywność usuwania badanych związków w trakcie całego cyklu wynosiła od 79 do 99,7 % dla ftalanów i od 92 do 99 % dla fenoli. Największą szybkość usuwania zanieczyszczeń rejestrowano w pierwszej i drugiej dobie eksperymentu, w kolejnych dniach efektywność oczyszczania spadała. Najlepszą dynamikę oczyszczania obserwowano w pierwszym dniu hodowli z wykorzystaniem rzęsy drobnej, podczas którego usuwanych było od 73 do 97 % fenoli, w tym samym czasie wolfia bezkorzeniowa usuwała od 34 do 86 % zanieczyszczeń.

Ostateczne wyniki oczyszczania były porównywalne, z niewielką przewagą *W. arrhiza*. Badając wpływ wielkości nasadzenia roślin na jednostkę objętości (3,5 g L⁻¹, 7 g L⁻¹, 14 g L⁻¹) stwierdzono, że im większa jest gęstość nasadzenia tym większa jest efektywność usuwania zanieczyszczeń. W przypadku rzęsy drobnej większa gęstość nasadzenia powodowała pogorszenie kondycji roślin (odbarwienie, cechy rozkładu tkanek). Ze względu na obserwowane efekty, w przypadku *L. minor* korzystne jest stosowanie nasadzenia rzędu 3,5 g rośliny na 1 L ścieków. W przypadku hodowli *W. arrhiza* nie odnotowano niekorzystnych zmian w stanie fizycznym rośliny niezależnie od stosowanej gęstości nasadzenia. Można przypuszczać, że mniejsze rozmiary rośliny oraz jej zdolność adaptacji do niekorzystnych warunków pozwalają jej na podtrzymywanie funkcji życiowych nawet podczas przebywania w dużym zagęszczeniu.

Podsumowując, można stwierdzić, że wykorzystanie roślin pływających z rodziny Lemnaceae jest efektywnym sposobem usuwania ze ścieków, nie tylko łatwo ulegających biodegradacji, ale także substancji "kłopotliwych", np. OP, NP, TRC, BPA, w przypadku których wykorzystanie standardowych metod oczyszczania przynosi niezadowalające efekty. Dalszym etapem badań będzie zbadanie mechanizmów, które biorą udział w procesie oczyszczania (adsorpcja, biodegradacja, fotodegradacja, zatrzymywanie w tkankach) oraz zbadanie stopnia skażenia badanych roślin usuwanym związkami, co jest niezwykle istotne ze względu na wykorzystanie tej metody oczyszczania w układach rzeczywistych.

References

1. Adhikari U., Harrigan T., Reinhold D. M., Use of duckweed-based constructed wetlands for nutrient recovery and pollutant reduction from dairy wastewater, *Ecological Engineering*, 2015, 78, 6–14.
2. Forni C., Tommasi F., Duckweed: A Tool for Ecotoxicology and a Candidate for phytoremediation, *Current Biotechnology*, 2015, 4 (3), 1-9.
3. Vermaat, J.E., Hanif K.M: Performance of common duckweed species and the waterfern *Azolla filiculoides* on different types of wastewater. *Water Resources.*, 1998, 32, 2569-2576.
4. Suppadit T., Nutrient removal of effluent from quail farm through cultivation of *Wolffia arrhiza*, *Bioresource Technology*, 2011, 102, 7388-7392.
5. Mical A.H., Krotke A., *Wolffia arrhiza* (L.) – small but strong. *Acta Hydrobiol.*, 41, 165-170, 1998.
6. Piotrowska A., Bajguz A., Godlewska-Żyłkiewicz B., Zambrzycka E., Changes in growth, biochemical components and antioxidant activity in aquatic plant *Wolffia arrhiza* (Lemnaceae) exposed to cadmium and lead, 2010, 58, 594-604.

U. Kotowska, A. Świryo

RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF USING FLOATING PLANTS TO REMOVE PHTHALATES AND PHENOLS FROM WASTEWATER

Institute of Chemistry, University of Bialystok (Poland)

The purpose of the study was to investigate the possibility of using floating plants *Lemna minor* and *Wolffia arrhiza* to remove endocrine disrupting compounds from wastewater. The recorded removal efficiency of the test compounds ranged from 79 to 99.7% for phthalates and 92 to 99% for phenols. The highest removal rates were recorded in the first and second day of the experiment. The use of floating plants of the Lemnaceae family is an effective way to remove not only easily biodegradable but also "troublesome" substances such as OP, NP, TRC, BPA, where the use of standard cleaning methods is unsatisfactory.

Keywords: Endocrine disrupting compounds; Phthalates; Phenols; Phytoremediation; *Lemna minor*; *Wolffia arrhiza*.

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ

Е.Г. Бусько¹, А.А. Волчек²¹Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова БГУ,
Минск²Брестский государственный технический университет, Брест

Выполнена оценка трансформации водного стока рек Беларуси в современных условиях, вызванного его естественными колебаниями и антропогенным воздействием. Установлено, что значительных изменений годового стока в целом не произошло. Уменьшение максимального стока в период весеннего половодья в среднем по Беларуси составило 43%, а увеличение минимальных летне-осенних и минимальных зимних расходов воды – соответственно 27% и 36%.

Ключевые слова: реки, водный сток, оценка трансформации, Беларусь.

Введение. Речной сток, в основном, формируется под воздействием природно-климатических факторов. Однако в последнее время антропогенные воздействия становятся все более существенными и в ряде случаев соизмеримы с естественными процессами формирования стока.

Мощным антропогенным фактором, оказывающим значительное влияние на речные экосистемы, являются крупномасштабные мелиорации, начало которых приходится на середину 60-х годов прошлого столетия. При этом южная часть Беларуси (Белорусское Полесье) наиболее сильно подверглась мелиоративным воздействиям, что не могло не сказаться на речном стоке. Кроме того, существенное влияние оказывает наблюдаемое глобальное потепление климата, которое в ближайшее десятилетие в полной мере проявится в совокупности региональных изменений речных экосистем, которые являются чувствительным индикатором изменений как природных, так и антропогенных факторов.

Располагая необходимым объемом информации о стоке рек за продолжительный период (1940 - 2014 годы) по гидрометрическим постам и современными геоинформационными системами и технологиями, сегодня стало возможным дать количественную оценку изменения стока рек и выявить нарушения во внутренней структуре временных рядов. Сопоставление этих нарушений с конкретными изменениями климатических факторов и хозяйственной деятельностью на водосборах рек дает возможность выявить конкретные реки и территории с измененным водным режимом, и объяснить вследствие чего произошли эти трансформации. Это, в свою очередь, позволит ответить на вопрос о роли мелиорации в изменениях водного режима и о сопоставимости этой роли с природными колебаниями элементов водного баланса. При этом важно рассматривать все виды речного стока воды, чтобы выяснить в комплексе происхождение этих изменений.

Материалы и методы исследований. Исходными данными послужили материалы наблюдений Департамента гидрометеорологии Минприроды Республики Беларусь за годовыми расходами воды, максимальными расходами воды весеннего половодья, минимальными летне-осенними и минимальными зимними расходами воды по 164 речным створам Беларуси за период инструментальных наблюдений.

Для правильной оценки величин стока необходимо выделять антропогенные и естественные составляющие основываясь на выражении [1]:

$$M_{ест.} = M_{изм.} \pm \Delta M_{антр.} \pm \Delta M_{клим.} \pm \Delta M_{антр.}, \quad (1)$$

где $M_{ест.}$ - величина стока, которая наблюдалась бы в условиях стационарного процесса;

$M_{изм.}$ - измеренная (фактическая) величина стока за рассматриваемый период времени;
 $\Delta M_{анер.}$ - естественные колебания стока, обусловленные аperiodическими колебаниями климата;

$\Delta M_{клим.}$ - изменения стока, вызванные глобальным потеплением;

$\Delta M_{антр.}$ – комплексная оценка влияния на сток хозяйственной деятельности в русле и на водосборе реки выше по течению.

Сложность практического использования формулы (1) связана с погрешностями определения и относительной неопределенностью ее составляющих.

Измеренный сток может отражать ошибки в фиксации скоростей и размеров сечения водного потока, то есть ошибки определения мгновенного расхода воды. Кроме того, возможны погрешности в подсчете объема стока за расчетный период, то есть погрешности в оценке колебаний стока в период между измерениями, а также от возможной деформации русла реки и эпюры скоростей.

Величина $\Delta M_{анер.}$ обычно выступает в качестве поправки к средней величине стока за период исходя из его многолетней нормы. Упрощенно $\Delta M_{анер.}$ можно определять, используя значения среднеквадратических погрешностей оценки нормы и вариации стока, но для этого требуется изучить особенности учета его режимных колебаний (сезонных и годовых).

Величина $\Delta M_{клим.}$ может быть выявлена по данным наблюдений, если достоверно определена вышеуказанная поправка, а элемент $\Delta M_{антр.}$ отсутствует. Другим способом ее оценки может быть апробированная региональная модель типа «осадки, температура – сток», когда изменения климата считаются известными. Такие модели уже созданы для ряда речных бассейнов Беларуси [2].

Элементы $\Delta M_{анер.}$ и $\Delta M_{клим.}$ по своему существу аналогичны. Но если естественные колебания климата и вызванные этим колебания стока по территории отчетливо асинхронны, то изменения стока, вызванные изменением климата должны иметь более универсальный однонаправленный характер для большой территории. Это открывает возможность разделения их вклада. В последние десятилетия, когда климатическое влияние стало существенным, требуется найти территориально общую закономерность в климате и стоке, которая дает оценку величины $\Delta M_{клим.}$.

Элемент $\Delta M_{антр.}$ отражает совокупное (в том числе разнонаправленное, компенсационное) влияние на сток хозяйственной деятельности на поверхности водосбора. Ввиду малого распространения инструментальных наблюдений за водопользованием и других объективно существующих причин, определение величины $\Delta M_{антр.}$ связано с большими погрешностями, результирующее значение которых отражает вклад ошибок всех составляющих водохозяйственного баланса. Упрощенной оценкой изменений стока служит отношение $\Delta M_{антр.} / M_{изм.}$. Если оно меньше 1-3%, эта величина без потери точности является несущественной. В противном случае требуется развернутый анализ достоверности составляющих и исключение элемента $\Delta M_{антр.}$. Путем восстановления стока по данному фактору.

Исходя из вышесказанного, нами разработана методика оценки антропогенной составляющей изменения стока, основанная на анализе статистической структуры полей стока. Суть методики заключается в оценке различий пространственных корреляционных функций (ПКФ), построенных по временным рядам стока за периоды, – до, и за время активного антропогенного воздействия [3].

Средняя квадратическая суммарная погрешность исходных величин объективно выявляется с помощью отраженной эмпирической корреляционной функции пространственной $R(\rho)$ или временной $R(\tau)$ по экстраполированному значению $R(0)$, отвечающему нулевому расстоянию $\rho = 0$ или нулевому сдвигу во времени $\tau = 0$.

При измерении гидрологической величины с весьма малым шагом времени или расстояния ($\Delta\tau$, $\Delta\rho$), которые существенно меньше периода мелких колебаний типа «белого шума» ($\Delta\tau^*$, $\Delta\rho^*$), т. е. $\Delta\tau \ll \Delta\tau^*$ и $\Delta\rho \ll \Delta\rho^*$, то в этом случае погрешности из-за дискретности измерения будут близки к нулю. Исходя из независимости различных видов погрешностей, дисперсия суммарной погрешности равна сумме дисперсий этих погрешностей. Средняя квадратическая погрешность, вызванная антропогенными факторами, определяется как:

$$\sigma_{\text{антр.}} = (\sigma_{\text{ест.}}^2)^{0,5} - (\sigma_{\text{изм.}}^2 + \sigma_{\text{апер.}}^2 + \sigma_{\text{клим.}}^2)^{0,5} = \sigma_{\Delta} M(R(0) - R(0)^*)^{0,5} \quad (2)$$

где σ - среднее квадратическое отклонение исходных значений гидрологической величины; $R(0)$, $R(0)^*$ - экстраполированное значение эмпирической ПКФ, построенных по данным о стоке соответственно до и после антропогенных воздействий.

Значимость полученной величины $\sigma_{\text{антр.}}$ оценивается на основе известных статистических критериев. Если установлено, что $\sigma_{\text{антр.}}$ вызвана не случайными ошибками, зависящими от длины ряда, то величина $\Delta M_{\text{антр.}}$ характеризует антропогенную составляющую стока территории.

Выявление конкретных водосборов, подверженных антропогенным колебаниям, проводится посредством анализа изменений парных коэффициентов корреляции, и выявляются водосборы со статистически различными изменениями этих коэффициентов.

Априори необходимость решения задачи (1) обосновывалась анализом однородности исходного ряда гидрометрических наблюдений графическими и статистическими методами. Далее выявлялась дата перелома во временном ходе процесса стока, причины и параметры изменения во времени антропогенных факторов, которые могли его вызвать.

Изменение стока за счет хозяйственной деятельности $\Delta M_{\text{хоз.}}$ определяется по разности:

$$\Delta M_{\text{хоз.}} = M_{\text{ест.}} - M_{\text{изм.}}, \quad (3)$$

Результаты оценки антропогенных изменений можно считать достоверными, если их абсолютная величина значительно больше погрешности расчета:

$$|\Delta M_{\text{хоз.}}| > \alpha_p \cdot \Delta M_{\text{хоз.}}, \quad (4)$$

где α_p - доверительный интервал погрешности расчета в долях его среднеквадратического значения, зависящий от доверительной вероятности p .

При оценке достоверности расчета обычно принимается $p = 0,95$, для которого $\alpha_{p0,95} \approx 2,0$.

Статистическим расчетам предшествовал специальный анализ исходной гидрологической информации с точки зрения ее однородности. Когда же было установлено, что имеет место нарушение в пределах критических статистик, в процедуру расчетов дополнительно включались стандартные статистические методы, а именно:

- для выявлений тенденций изменений использовались хронологические графики колебаний и разностные интегральные кривые;
- динамика изменения временных рядов оценивалась с помощью линейных и квадратических трендов.

Для оценки различий в статистических параметрах использовались критерии Стьюдента и Фишера.

После всестороннего анализа временные ряды наблюдений были разбиты на два периода: с начала наблюдений по 1965 год включительно (начало крупномасштабных мелиораций) и с 1966 по 2014 годы. При этом выбраковывались ряды с периодом наблюдений менее 15 лет хотя бы за один из периодов. После выбраковки определены величины изменения стока по соотношению [4].

$$k_i = (Q_{cp2} - Q_{cp1}) / \bar{Q}, \quad (5)$$

где Q_{cp2} , Q_{cp1} и \bar{Q} - средние значения стока за период до 1965 г., с 1966 по 2004 гг. и средняя величина стока за весь период наблюдений, соответственно.

Результаты и их обсуждение. Основными факторами хозяйственной деятельности на речных водосборах Беларуси являются осушение болот и заболоченных земель, русловое регулирование, промышленно-коммунальное и сельскохозяйственное водоснабжение, агролесомелиоративные мероприятия. Анализ однородности временных рядов изменения стока позволил выявить реки Беларуси, где антропогенные воздействия были наиболее существенными (изменение площади водосбора, перераспределение стока, зарегулированность и др.) и которые не были включены в процесс картирования из-за нарушенного водного режима.

Необходимо отметить реку Вить у села Борисовщина, ряды расходов которой для всех видов стока оказались наиболее существенно трансформированными, что связано, прежде всего, с изменением водосборной площади. Нарушенная структура ряда максимальных расходов весеннего половодья река Вилия у села Вилейка объясняется аккумуляцией части стока в водохранилищах и его переброской в Вилейско-Минскую водную систему. Остальные реки, приведенные в таблице, также относятся к малым рекам, а как известно эти реки наиболее чувствительны к антропогенным воздействиям.

Значения k_i , рассчитанные по формуле (5) были картированы с использованием координат центров водосборов исследуемых рек-створов.

Анализ пространственной структуры изменения годового стока показывает, что в северной и центральной части Беларуси, менее подверженных мелиоративным воздействиям, изменений годового стока практически не произошло. В северо-западной части расходы воды незначительно уменьшились за 1966-2014 годы. В то время как для южной и юго-западной частей Беларуси произошло увеличение годового стока за 1966-2014 годы по сравнению с периодом до 1965 г. В целом, изменения годового стока являются незначительными – среднее значение коэффициента изменения составило 2,7%, что находится в пределах ошибки измерения расходов. В то же время, для рек Белорусского Полесья эти изменения оказались более значимыми – среднее значение коэффициента изменения составило 0,201, что позволяет говорить о 20% увеличении значений годового стока. Таким образом, крупномасштабные мелиорации внесли вклад в увеличение годового стока малых рек Белорусского Полесья путем частичной сработки вековых запасов воды верхних горизонтов земной поверхности и перераспределения соотношений между составляющими водного баланса.

Для максимальных расходов воды весеннего половодья среднее значение коэффициента изменения стока составило - 0,425, для минимальных расходов летне-осенней межени 0,271, для минимальных зимних расходов - 0,356, т. е. в среднем по стране, наблюдается уменьшение максимальных расходов весеннего половодья на 43%, увеличение минимальных расходов летнеосенней межени на 27% и минимальных зимних на 36%.

Исследования максимального весеннего половодья, минимального летне-осеннего и минимального зимнего стока рек Беларуси позволили выявить следующие нарушения внутренней структуры временных рядов:

– уменьшение максимальных расходов после 1965 года (до 25-40%) по всей территории страны;

– существенное (до 50-80%) увеличение минимального стока летне-осенней межени для южной и юго-западной части Беларуси за 1966-2004 годы по сравнению с периодом до 1965 г., в то время как для северной и центральной части Беларуси эти изменения не столь значительны (10 - 30%);

– минимальные зимние расходы в целом увеличились на 20-40% по сравнению с периодом до 1965 г., при этом эти максимум этих изменений характерен для Белорусского Полесья (60-80%).

Увеличение стока зимней межени вызвано участвовавшими в последнее время длительными оттепелями, в течение которых происходит интенсивное таяние снега и пополнение запасов грунтовых вод. В результате сток весеннего половодья уменьшается, а расходы летне-осенней межени увеличиваются.

Для оценки влияния крупномасштабных мелиораций на водный режим рек Белорусского Полесья выполнен анализ изменения ПКФ, построенных за периоды: с момента наблюдений до 1966 г., как начала крупномасштабного мелиоративного строительства, и с 1966 г. – по настоящее время, построенных по 26 гидрометрическим створами на реках с площадями водосборов от 67 до 2 560 км². Расчеты выполнены для трех характерных расходов: максимальных расходов воды весеннего половодья (В), минимальных летне-осенних расходов воды (Л) и годовых расходов воды (Г).

Случаи обнаружения статистически различимых изменений коэффициентов корреляции свидетельствуют о наличии антропогенных воздействий. Так, сравнение ПКФ для периода, не подверженного мелиоративным воздействиям ($R(0)_В = 0,774$; $R(0)_Л = 0,687$; $R(0)_Г = 0,853$), с ПКФ для периода крупномасштабного мелиоративного строительства ($R(0)_В = 0,734$; $R(0)_Л = 0,351$; $R(0)_Г = 0,742$) указывает на статистически значимые различия между ними ($\Delta R(0)_В = 0,040$; $\Delta R(0)_Л = 0,326$; $\Delta R(0)_Г = 0,111$).

Различия наиболее существенны для минимального стока (47,5%), что может быть связано с изменением общей водности рек, величины водосборной площади, размера площади осушенных болот и заболоченных земель, густоты осушительной сети и степени канализации. В Полесье преобладают мелкозалежные торфяники на хорошо проницаемых песках, глубокая дренажная осушительная сеть и канализованные русла рек врезаются в подстилающий грунт, поэтому здесь отмечается существенное увеличение минимального стока (приблизительно на 50%) за 1966 - 2014 годы по сравнению с периодом с начала наблюдений до 1966 г.

На начальном этапе мелиоративных воздействий изменение максимального стока происходило неоднозначно. На тех водосборах, где произошло нарушение однородности рядов максимальных расходов воды и слоев стока, наблюдалось как увеличение значений, так и снижение. Это вызвано тем, что в результате проведения мелиоративных работ на водосборе создается сложное сочетание различных условий, оказывающих разнонаправленное воздействие на формирование максимального стока рек в период весеннего половодья. Значительное увеличение аккумулирующей емкости осушенных площадей на водосборе вызывает потерю талых вод и уменьшение максимальных расходов, а искусственное увеличение густоты гидрографической сети одновременно с регулированием рек способствует формированию повышенных максимальных расходов. В связи с тем, что оба фактора действуют одновременно, то характер и величина изменения максимального стока зависит от того фактора, влияние которого более существенно.

После установления равновесного состояния отмечается стабильное уменьшение максимального стока (приблизительно на 25%), при этом оно происходит более «организованно» как во времени, так и в пространстве, в отличие от процессов увеличения минимального стока. Поэтому отмечается незначительное уменьшение значения коэффициента корреляции $R(0)_В = 5,2\%$.

Максимальное изменение годового стока происходит на водосборах, расположенных в пределах плоских низменностей, а также с широкими заболоченными поймами. Чем больше была заболоченность водосбора, тем больше величина изменения годового стока после мелиорации. Она увеличивается и с увеличением доли осушенных болот и заболоченных земель. Согласно результатам наших исследований для территории Белорусского Полесья произошло увеличение годового стока за 1966-2014 годы по сравнению с периодом до 1965 г. приблизительно на 20%. При этом изменение параметра $R(0)_Г$ составило 13%.

Выводы. Таким образом, основными причинами трансформации стока воды рек Беларуси являются последствия глобального изменения климата, происходящие на фоне антропогенных воздействий в виде крупномасштабных осушительных мелиораций Белорусского Полесья. Влияние антропогенной составляющей (например, мелиорации) на различные виды стока должно рассматриваться в каждом конкретном случае индивидуально.

Изменения стока имеют разнообразный характер, при этом наблюдается определенная внутригодовая трансформация водного режима рек Беларуси. Произошедшее снижение максимальных расходов воды весеннего половодья компенсируется существенным увеличением минимальных расходов, как зимних, так и летне-осенней межени. То есть, глобальные климатические изменения привели к изменению стока внутри гидрологического года, в то время как средний годовой сток количественно практически не изменился, за исключением территории Белорусского Полесья, имеющей отличные от других районов Беларуси условия формирования стока и уровень антропогенной нагрузки.

Исходя из этого, не стоит преувеличивать роль осушительных мелиораций в изменении водного режима рек, более того не столько само осушение, сколько некорректная эксплуатация мелиоративных систем и водохозяйственная деятельность в водосборах рек нарушила внутреннюю структуру формирования стока и привела к тем количественным изменениям расходов воды, которые выявлены в процессе данного исследования.

Список использованных источников

1. Pluzhnikov, V. N., Makarevich A. A., Petlicky E. E. Ocenka i prognoz resursov poverhnostnyh vod i ih izmenenij pod vliyaniem hozyajstvennoj deyatel'nosti (metodicheskoe rukovodstvo). – Minsk, 1994. – 56 pp.
2. Volchek, A. A. Issledovanie srednemногоletnego stoka malyh rek Belarusi metodom vodnogo balansa. Brestskij geograficheskij vestnik, tom IV, vypusk 1. – Brest, 2004. – p. 19 -25.
3. Volchek, A. A. Issledovanie prostranstvenno-vremennyh kolebanij elementov vodnogo balansa (na primere Byelorussii). Avtoref. ... kand. geogr. nauk. M., 1988. – 24 pp.
4. Volchek, A. A., Luksha, V. V. Prostranstvennaya struktura izmeneniya godovogo stoka rek Belarusi. Materialy V Mezdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Ekologiche skie problemy Poles'ya i sopredel'nyh territorij». Gomel': Izd-vo GGU im. F. Skoriny. – 2003. – p. 32 - 34.

Busko Eu.G.¹, Volchek A.A.².

TRANSFORMATION FEATURES OF THE WATER FLOW IN THE BELARUS RIVERS

¹International Sakharov environmental institute BSU (Belarus)

²Brest State University of Engineering (Belarus)

An estimation of streamflow transformation in rivers of Belarus under present conditions influenced by natural fluctuations of flow and anthropogenic impacts, has been performed. On the whole, no sizeable changes in the annual streamflow have been found. At the time of spring floods, an average decrease in the maximum annual discharge in the territory of Belarus is 43%, while the increase in peak summer-autumn and winter yields are 27% and 36%, respectively.

Keywords: Belarus rivers, streamflow, estimation of transformation, Belarus.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

А.А. Бутько¹, В.А. Пашинский¹, О.И. Родькин²

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова, Минск

²Белорусский национальный технический университет, Минск

В работе представлены результаты моделирования количественных характеристик формирования поверхностного стока при конструировании вегетативных фильтров в границах сельскохозяйственных угодий с целью снижения биогенной нагрузки на водные объекты.

Ключевые слова: моделирование, поверхностный сток, агроэколандшафт, биогенные элементы, вегетативные фильтры.

По оценочным данным более 60 % от общего объема загрязнений в республике формируется за счет рассредоточенных источников с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий. Одним из основных видов загрязнений, формирующихся на речном водосборе, является загрязнение биогенными элементами (азотом и фосфором). Годовой вынос соединений азота и фосфора с сельскохозяйственных земель в водные объекты складывается в результате взаимодействия естественных геохимических процессов, определяющих фоновые величины выноса, применения средств химизации и внесения на поля удобрений, а также поступления биогенных веществ с атмосферными осадками [1].

Так, среди прогнозных показателей «Стратегии в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года» предусмотрено снижение поступления в водоемы азота и фосфора на 50 % по отношению к 2010 г, что обуславливается снижением уровня агрохимической эрозии до 4,7-4,8 % от площади сельскохозяйственных угодий и до 0,7-0,8 % водной эрозии [2].

Одним из направлений минимизации поступления биогенных элементов в водные объекты является использование вегетативных фильтров, посредством которых осуществляется биологическая очистка твердого, плоскостного стока дождевых, талых и дренажных вод формирующихся на территории сельскохозяйственных угодий.

Моделирование количественных характеристик поверхностного стока с территории элементарной ландшафтной единицы заключается в определении:

- суточных объемов дождевого и талого поверхностного стока;
- суточных объемов пикового дождевого и талого поверхностного стока.

Содержание влаги в почвенном профиле при моделировании количественных характеристик поверхностного стока основано на уравнения водного баланса [3]:

$$SW^i = SW^{i-1} + R_{day}^i - Q_{surf}^i - E_a^i - w_{seep}^i - Q_{gw}^i,$$

где SW – содержание влаги в почвенном профиле, мм; R_{day}^i – суточное количество выпадения жидких осадков в i сутки, мм; Q_{surf}^i – слой поверхностного стока, мм; E_a^i – эвапотранспирация, мм; w_{seep}^i – фильтрация, мм; Q_{gw}^i – поступление грунтовых вод в почвенный профиль, мм.

Моделирование поверхностного стока с элементарной ландшафтной единицы, в границах сельскохозяйственных угодий, выполнено используя базовую полуэмпирическую модель нумерованных кривых стока (Soil Conservation Service curve number) [4]:

$$Q_{surf}^i = \frac{(R_{day}^i - I_a^i)^2}{R_{day}^i - I_a^i + S^i},$$

где R_{day}^i – суточное количество выпадения жидких осадков в i сутки, мм; S^i – влагоужержание поверхностного стока в i сутки, мм; $I_a^i = 0,2S^i$ – потенциальное влагоужержание поверхностного стока в i сутки, мм.

Влагоужержание поверхностного стока определяется по формулам [5]:

– в период вегетации

$$S^i = S^{i-1} + E_0 \cdot \left(\frac{-cn_{coef} \cdot S^{i-1}}{S_{max}} \right) - R_{day}^{i-1} + Q_{surf}^{i-1};$$

– во вневегетационный период

$$S^i = S_{max} \cdot \left(1 - \frac{SW}{SW + \exp(w_1 - w_2 \cdot SW)} \right);$$

– для мерзлой почвы

$$S^i = S_{max} \cdot (1 - \exp(-0,000862 \cdot S^{i-1})),$$

где E_0 – потенциальная эвапотранспирация, мм/сут.; cn_{coef} – коэффициент учитывающий влияние потенциальной эвапотранспирации на влагоужержание поверхностного стока; S_{max} – максимальное влагоужержание поверхностного стока, мм; SW – содержание влаги в почвенном профиле, мм; w_1, w_2 – коэффициенты формы кривой.

Пиковый сток q_{peak}^i , в i сутки, м³/с, определяется по формуле [5]:

$$q_{peak}^i = \frac{1 - \exp(2 \cdot t_{conc}^i \cdot \ln(1 - \alpha_{0,5})) \cdot Q_{surf}^i \cdot area'_{hru}}{3,6 \cdot t_{conc}^i},$$

где t_{conc}^i – продолжительность стока, ч; $\alpha_{0,5}$ – доля осадков соответствующая максимальной получасовой интенсивности; $area'_{hru}$ – элементарной ландшафтной единицы, км².

Сокращение стока при конструировании вегетативного фильтра описывается эмпирическим уравнением (Vegetative Filter Strip MODel) [6]:

В качестве объекта исследований принят водосбор р. Волмянка площадью 16,01 км², ограничивающиеся прудом ($\varphi = 53^\circ 52' 29,33''$; $\lambda = 26^\circ 58' 15,47''$).

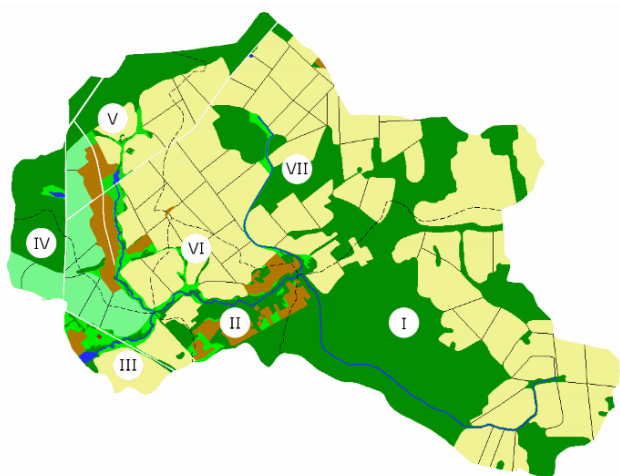


Рисунок1 – Территория водосбора водного объекта: I-VII – субводосборы

Структура земель водосбора составляет пашня – 55 %, леса – 40 %, селитебные территории с садами и огородами – 3,5 %, луга, дорожно-транспортная сеть, гидрологические объекты и прочие элементы – 1,5 %. Водный объект (пруд) отвечает условиям

репрезентативности водного бассейна, на территории которого осуществляется интенсивная сельскохозяйственная деятельность.

Пример результатов моделирования поверхностного и пикового стока в пределах элементарного участка № 61, которому соответствуют следующие основные характеристики: площадь – 8,9 га; средняя длина склона – 243 м; средняя крутизна склона – 0,043м/м; гранулометрический состав почвы – связанная супесь; возделываемая культура – овес, представлены на рисунке 2.

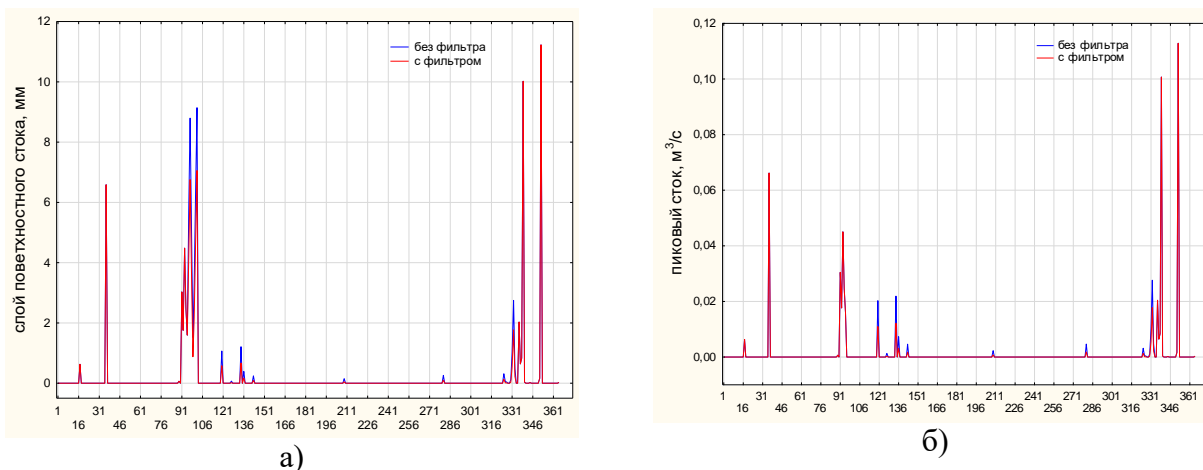


Рисунок 2 – Результаты моделирования характеристик стока

Полученные результаты позволяют: оценивать пространственное распределение выноса биогенных элементов из диффузных источников биогенной нагрузки в пределах водосборов водных объектов; определять концентрацию биогенных элементов в различных контрольных и замыкающем створах в границах водосборов водных объектов; проводить районирование территории по значениям выноса биогенных элементов; выявлять зоны повышенной биогенной нагрузки.

Список использованных источников

1. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года / М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь Минск 2010. – 43 с.
2. Стратегия в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 года/ М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь Минск 2010. – 43 с.
3. Arnold, J.G. Large area hydrologic model development and assessment Part 1: Model development. Journal of the American Water Resources Association 34(1): 1998. –P 73–89.
4. Soil Conservation Service Engineering Division. 1986. Urban hydrology for small watersheds. U.S. Department of Agriculture, Technical Release 55.
5. Neitsch, S.L.. Soil and Water Assessment Tool, Theoretical documentation version, 2005. – 432 p.
6. Mucoz-Carpe. R., Parsons, J.E. VFSMOD-W. Vegetative Filter Strips Modeling System. University of Florida, 2005. – 432 p.

Butsko A.A.¹, Pashynski V.A.¹, Rodzkin A.I.²

SIMULATION OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF SURFACE FLOW IN CONSTRUCTION OF VEGETATIVE FILTER STRIP

¹ Belarusian State University, ISEI BSU (Belarus)

² Belarusian National Technical University (Belarus)

The paper presents the results of modeling the quantitative characteristics of the formation of surface runoff in constructing vegetative filter strip within the boundaries of agricultural lands in order to reduce the biogenic load on water objects.

Keywords: modeling, surface runoff, agroecological landscape, biogenic elements, vegetative filter strip.

ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА НОРМ ДОПУСТИМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ЗОНАХ ОТДЫХА НА ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ

Л.Н. Гертман, П.П. Рутковский

Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, Минск,

Рекреационное использование водоемов как один из видов хозяйственной деятельности может привести к неблагоприятным последствиям для водного объекта – экологическому риску и ухудшению экологического состояния водоема. Приведены методические подходы к комплексной оценке экологического риска и расчета норм допустимых рекреационных нагрузок на водоемы Беларуси.

Ключевые слова: водоем, рекреация, норма нагрузки, Нарочь.

Рекреационное использование водоемов, как один из видов хозяйственной деятельности, может привести к неблагоприятным последствиям для водного объекта – ухудшению его экологического состояния (статуса) водоема, и в результате к снижению его рекреационной привлекательности.

В Республике Беларусь использование водных объектов в рекреационных целях в настоящее время на законодательном уровне ограничивается соответствием гигиеническим нормативам безопасности воды, к которым относятся:

- предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов;
- ориентировочные допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов;
- органолептические показатели;
- микробиологические показатели;
- показатели радиационной безопасности.

Однако, нормативно-правовые документы не устанавливают размер или возможную степень воздействия самой рекреационной деятельности на водные объекты.

С целью разработки методики комплексной оценки экологического риска и расчета норм допустимых рекреационных нагрузок в зонах отдыха на водоемах Беларуси в 2016 г в рамках выполнения задания 1.18 подпрограммы 1 «Природные ресурсы и экологическая безопасность» ГПНИ «Природопользование и экология» проведен анализ современных подходов к оценке рекреационного использования водных объектов [1]. Выполненные исследования показали, что при расчете допустимых рекреационных нагрузок необходимо учитывать следующее:

– нормы нагрузок не должны превышать допустимых объемов рекреационного использования. Нормы следует определять не отдельно по различным критериям, а путем их соотношения и нахождения оптимальной величины с точки зрения особенностей отдельных видов рекреации, психофизиологической комфортности отдыха и устойчивости водного объекта (водоема) к антропогенным нагрузкам;

– ключевое значение имеют нормы допустимой единовременной рекреационной нагрузки: сезонные, годовые и установленные на более длительный период;

– допустимые объемы рекреационного использования водоемов должны определяться с учетом влияния других (нерекреационных) видов деятельности.

Предлагается проводить оценку степени возможной рекреационной нагрузки на водный объект на основе алгоритма, который учитывает исходное состояние водоема, источники воздействия на него и его ассимилирующую способность.

При использовании данного алгоритма проводится комплекс исследований, включающих следующие основные элементы:

- сбор исходной информации о водном объекте (водоеме), который включает оценку природных условий и существующего антропогенного воздействия;
- определение существующих источников антропогенного воздействия и фоновые характеристики водоема;
- расчет нагрузки по планируемым видам рекреационного использования;
- комплексный анализ степени воздействия предлагаемых видов рекреационного использования на общее экологическое состояние водного объекта;
- определение и анализ ассимилирующей способности водоема;
- в случае, если ассимилирующая способность исчерпана, использование данного водоема в качестве рекреационного объекта невозможно без дополнительных исследований и проведения мероприятий по его реабилитации;
- в случае, если ассимилирующая способность не исчерпана, производится выбор возможных видов рекреационного использования данного водного объекта;
- составление регламента рекреационного использования водного объекта и состава мероприятий, обеспечивающих сохранение водного объекта и улучшение его экологического состояния.

Сбор исходной информации включает формирование основных данных по следующим критериям: морфометрическому, климатическому, гидрохимическому, гидрологическому, гидравлическому, биологическому, органолептическому.

При анализе существующего антропогенного воздействия определяется состав водопользователей, степень их воздействия на количественные и качественные характеристики водного объекта.

Определение и анализ ассимилирующей способности водоема позволяет установить способность водного объекта принимать определенную массу веществ в единицу времени без нарушения нормативов качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

Выбор возможных видов рекреационного использования водного объекта проводится с учетом рекреационных критериев, которые могут быть рекомендованы для конкретного водного объекта.

Расчет допустимой рекреационной нагрузки проводится в соответствии с требованиями относительно данного вида рекреационного использования и возможностей водного объекта по представленным в данной методике зависимостям и на основе экспертных оценок.

На стадии комплексной оценки влияния рекреационного использования водного объекта проводится определение суммарного воздействия предлагаемого состава рекреационных видов на гидрологические, гидрохимические, гидробиологические, санитарно-гигиенические показатели водных ресурсов и определение пределов их применения при недопустимости превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и плотности заполнения акватории и прибрежной территории.

В соответствии с полученной информацией производится общая экспертная оценка состояния водоема по морфометрическому, климатическому, гидрохимическому, гидрологическому, гидравлическому, биологическому, органолептическому критериям в целях возможности его рекреационного использования.

Расчет нагрузки по каждому виду рекреационного использования водного объекта (водоема) проводится на основании допустимого норматива и соответствующей характеристики водного объекта.

Алгоритм является основой для разработки методики комплексной оценки экологического риска и расчета норм допустимых рекреационных нагрузок на водоемы Беларуси.

Данная методика апробирована для оценки рекреационного потенциала озера Нарочь. По результатам проведенных работ на основе предложенного алгоритма оценки рекреационного потенциала относительно озера Нарочь получены следующие результаты.

Рассматриваемая территория для целей рекреации по климатическим условиям может быть оценена как благоприятная. Наиболее часто встречающимися типами погоды являются комфортный и прохладный дискомфортный. Реже наблюдается жаркий дискомфортный период. В гидрологическом отношении озеро Нарочь относится к числу слабопроточных водоемов и благоприятно для широкого спектра рекреационного использования. По гидрохимическим показателям в настоящее время для рекреации нет ограничений.

Исходя из гидрологических, гидрохимических, климатических и гидробиологических критериев озеро Нарочь может использоваться для следующих видов рекреации: купание, организация пляжей, водные лыжи, катание на яхтах, гребля на лодках и байдарках, парусный спорт, любительское рыболовство с берега, любительское рыболовство с лодки, любительское рыболовство со льда. В перспективе целесообразно увеличение оборудованных пляжей, внедрение подводного плавания и подводной охоты, буюрного спорта, расширение сети туристических маршрутов.

Предполагается провести апробацию методики на других водоемах в условиях значительного антропогенного воздействия, когда определяется состав водопользователей, степень их воздействия на количественные и качественные характеристики водного объекта и в сочетании с комплексной оценкой влияния рекреационного использования водного объекта.

Список использованных источников

1. Комплексная оценка экологического риска и расчет норм допустимых рекреационных нагрузок в зонах отдыха на водоемах Беларуси (этап 2016 г.) »: Отчёт о НИР (заключительный) / РУП «ЦНИИКИВР»; науч. рук. Р.А. Юревич. – Минск, 2016.– № ГР 20162118 – 75 с.

Hertman L., Rutkovski P.

PROBLEM OF CALCULATION OF NORMS OF PERMISSIBLE RECREATIONAL LOADS ON BELARUS WATER RESERVOIRS

Central Research Institute for Complex Use of Water Resources (Belarus)

The recreational use of water reservoirs as one of the types of economic activity can lead to adverse consequences in relation to the water object - environmental risk and the degradation of the ecological condition (status) of the reservoir. The article represents the methodological approaches to the integrated assessment of environmental risk and the calculation of norms of permissible recreational loads on Belarus water reservoirs.

Keywords: reservoir, recreation, load norm, Naroch.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТАВА АКТИВНОГО ИЛА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ ГУКПП «ГРОДНОВОДОКАНАЛ»

А.А. Гузова, Г.А. Бурдь

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Изучен видовой состав экосистемы очистных сооружений ГУКПП «Гродноводоканал». Исследована сезонная динамика состава активного ила в аэротенке № 1.

Ключевые слова: экосистема, сточные воды, активный ил, аэротенк, очистные сооружения канализации.

Вода играет важную роль во многих процессах, протекающих в природе, и в обеспечении жизнедеятельности человека [1]. Использованные воды, как правило, загрязнены, и если они не проходят специальной очистки, то загрязняют и природные воды – реки, озера, подземные воды. Загрязненные природные воды ухудшают экологическую ситуацию в биогеоценозе, ведут к гибели существующих форм, ставят под сомнение возможность выживания различных форм высших организмов. В условиях повсеместного загрязнения окружающей среды, в том числе ухудшения качества природных вод, одной из актуальнейших проблем выживания человечества становится проблема обеспечения людей питьевой водой высокого качества [2].

Для изучения видового состава активного ила с июня 2016 года по июль 2016 года 1 раз в декаду производился отбор проб активного ила очистных сооружениях канализации ГУКПП «Гродноводоканал» и их анализ. Кроме того, для выявления сезонной динамики в составе активного ила использовались данные журнала гидробиологического контроля активного ила с августа 2015 года по май 2016 года.

В результате анализа данных нами был зарегистрирован следующий видовой состав: нитчатые бактерии, *Arcella*, *Amoeba*, *Aspidisca*, *Litonotus*, *Vorticella*, *Opercularia*, *Epistylis*, *Drepanomonas*, *Carchesium*, *Bodo*. Постоянные популяции в течение исследуемого периода образовывали только нитчатые бактерии, непостоянные – *Arcella* (на протяжении всего года), *Aspidisca* и *Epistylis* (в весенний период), остальные виды не создавали популяций.

Проанализировав имеющиеся данные, обнаружили, что численность представителей таких родов как *Carchesium*, *Litonotus*, *Drepanomonas*, *Arcella*, *Bodo* в течении года варьирует.

Численность рода *Carchesium* в течение года изменяется в пределах 0-7 баллов, что составляет в количественном соотношении 0-40 особей в 0,1см³ пробы (рисунок 1). Максимальное численное значение наблюдается в мае, тогда как минимальные значения – в октябре-ноябре. Такая динамика, вероятно, обусловлена температурным режимом, так как оптимальные условия для размножения представителей рода лежат в узком диапазоне температур 15- 18 С° [3].

Частота встречаемости рода *Arcella* в течение года варьирует в пределах 2-9 баллов, что составляет в количественном соотношении 1-100 особей в 0,1см³ пробы (рисунок 2). При этом с мая по февраль численность рода варьирует незначительно, а в марте наблюдается резкое уменьшение количества особей. Вероятно, это связано с паводками, которые могут значительно изменять устоявшуюся систему в аэротенках.

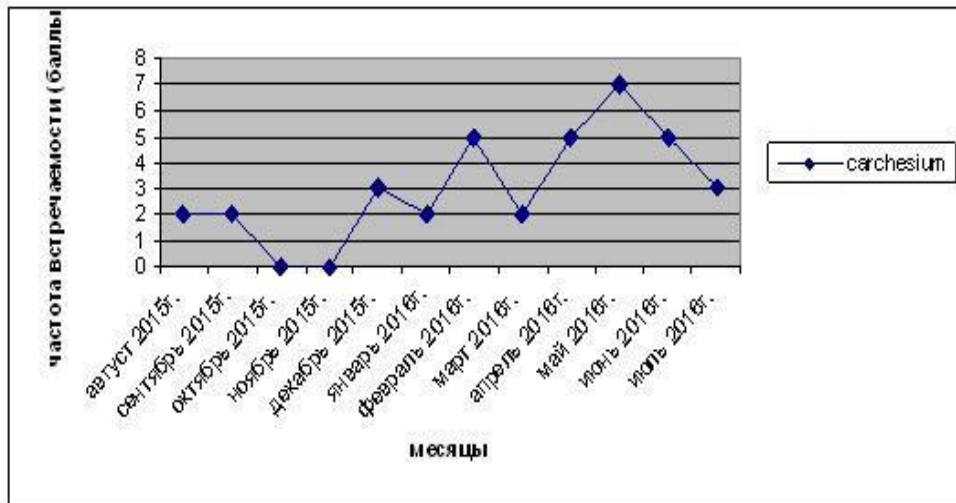


Рисунок 1 – Динамика численности представителей рода *Carchesium* в активном иле

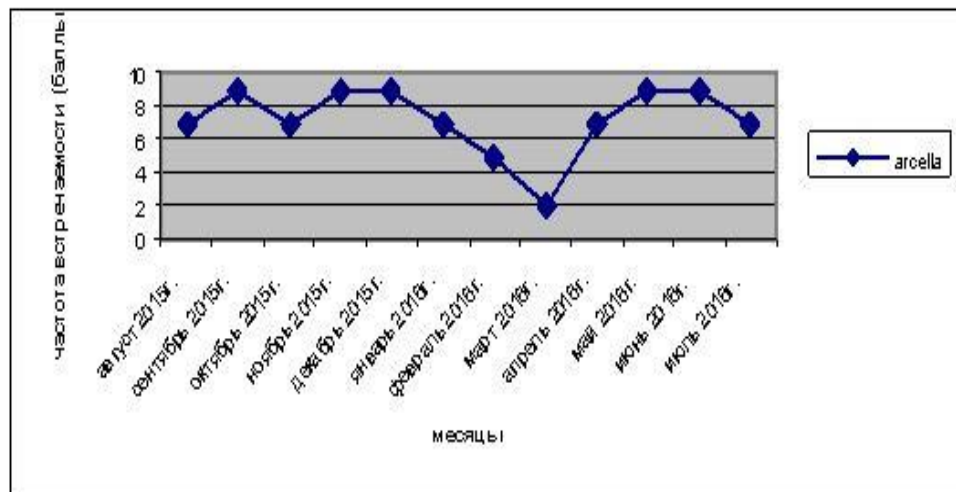


Рисунок 2 – Динамика численности представителей рода *Arcella* в активном иле

Численность рода *Bodo* в течение года варьирует в пределах 0-5 баллов (рисунок 3), что составляет в количественном соотношении 0-20 особей в 0,1см³ пробы.

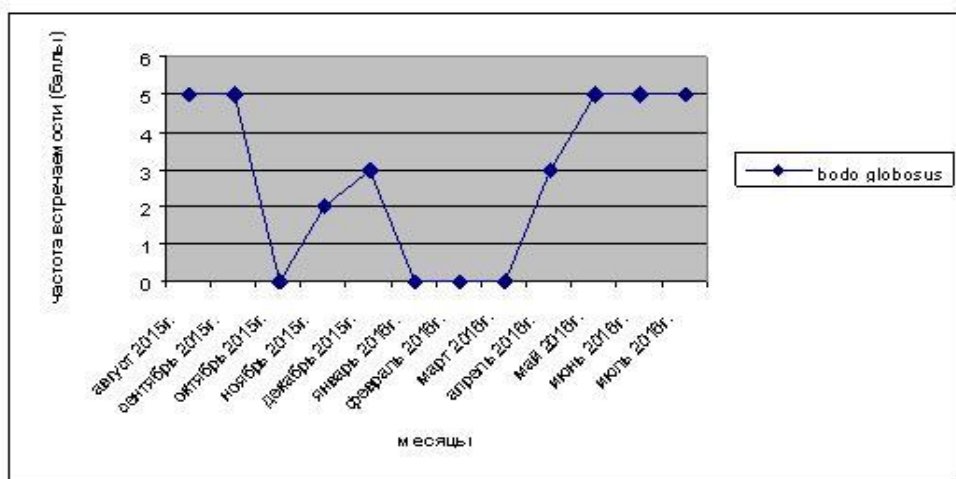


Рисунок 3 – Динамика численности представителей рода *Bodo* в активном иле

Максимальные численные значения наблюдаются в мае-сентябре, тогда как минимальные значения – в октябре, январе-марте. Высокая численность особей этого рода с мая по сентябрь свидетельствует о перегруженности ила, и, следовательно, о нарушении нормальных условий работы очистных сооружений в теплое время.

Численность рода *Drepanomonas* в течение года изменяется в пределах 0-7 баллов (рисунок 4), что составляет в количественном соотношении 0-40 особей в 0,1см³ пробы. Максимальные значения численности наблюдаются в июне-сентябре, а минимальные – в феврале-марте. Представители этого рода, как и рода *Bodo* относятся к устойчивым к недостатку кислорода. Максимальные значения численности в обоих случаях приходятся на летний период, что еще раз подтверждает сделанное выше предположение о перегруженности ила в теплое время года.

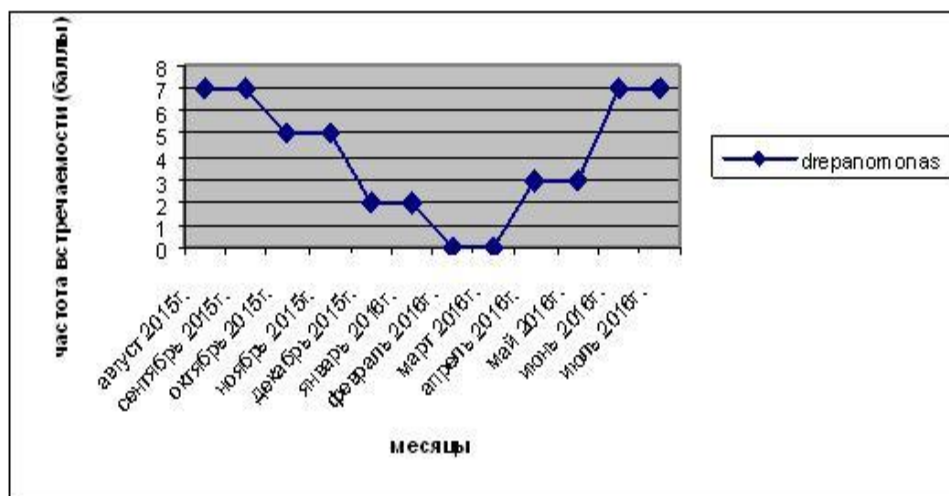


Рисунок 4 – Динамика численности представителей рода *Drepanomonas* в активном иле

Численность рода *Litonotus* в течение года варьирует в пределах 0-5 баллов, что составляет в количественном соотношении 0-20 особей в 0,1см³ пробы (рисунок 5).

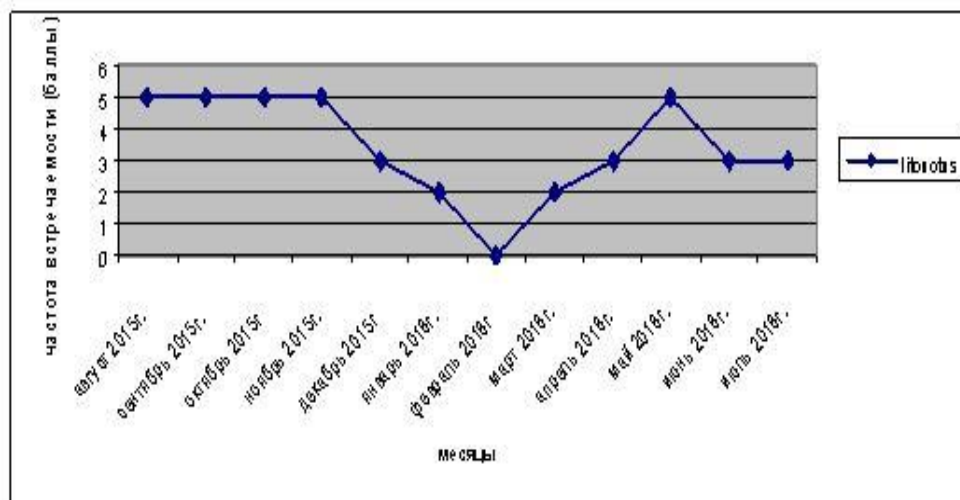


Рисунок 5 – Динамика численности представителей рода *Litonotus* в активном иле

Максимальные численные значения наблюдаются в мае и августе-ноябре, тогда как минимальное значение – в феврале. Присутствие особей этого рода в активном иле говорит о повышенной нагрузке. Анализируя динамику численности этого рода и родов *Vodo* и *Drepanomonas*, можно сделать однозначный вывод о перегруженности ила в летнее время.

Анализ данных гидробиологического контроля активного ила очистных сооружений канализации ГУКПП "Гродноводоканал" показал, что в теплое время года наблюдается вспухание ила, свидетельствующее о том, что нагрузка на активный ил повышена и нормальные условия работы очистных сооружений нарушаются.

Так как вспухание – это отклик биоценоза на неблагоприятные экологические условия для флокулообразующей микрофлоры, то для борьбы с ним могут быть рекомендованы следующие меры: стабильное улучшение экологических условий в аэротенках и активизация ферментативных свойств гетеротрофной флокулообразующей микрофлоры. Для обеспечения оптимальных условий жизнедеятельности гидробионтов активного ила и для его регенерации в короткие сроки и при минимальных экономических затратах необходимо снижение нагрузки на активный ил сточными водами, для чего необходимы дальнейшие исследования, включающие, в первую очередь, выявление источников, сточные воды которых в наибольшей степени воздействуют неблагоприятно на процесс биологической очистки.

Список использованных источников

1. Кусова, И. В и др. Физико-химические процессы в техносфере: учебное пособие/ И. В. Кусова, Н. Н. Красногорская. Уфа: УГАТУ, 2008. – 113с.
2. Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 27-28 ноября 2013 г. / Томск. политех. ун-т; редкол.: Д.А. Чипахов (отв. ред.) [и др.]. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 443с.
3. Джимова, Н.Д. Эколого-фаунистическая характеристика отдельных представителей типа *Protozoa*, обитающих в активном иле очистных сооружений г. Майкопа, шовгеновского и Гиагинского районов Республики Адыгея / Н.Д. Джимова, С.И. Читао // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2007. – №4. – С.54-57.

Guzova A.A., Burd G.A.

SEASONAL DYNAMICS OF ACTIVATED SLUDGE STRUCTURE IN TREATMENT FACILITIES OF MUNICIPAL MANUFACTURING ENTERPRISE "GRODNOVODOKANAL" SEWERAGE SYSTEM

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Species composition in the ecosystem of treatment facilities of Municipal Manufacturing Enterprise "Grodnovodokanal" was studied. Seasonal dynamics of activated sludge structure in aerotank №. 1 was analyzed.

Keywords: ecosystem, sewage, activated sludge, aerotank, treatment facilities of sewerage system.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ ВОДНО-СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ

Д.Н. Давлюд, И.В. Шестак, Д.В. Чередниченко, П.Д. Воробьев
Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, Минск

Показана возможность использования водорастворимых полимеров на основе поликарбоновых кислот в процессах водоподготовки в качестве ингибиторов накипеобразования и на основе полиакриламида для очистки водно-солевых растворов от органических и минеральных примесей. Поликарбоновые кислоты с ММ около 5000 увеличивают продолжительность индукционного периода в 1,8 раза; увеличение ММ приводит к флокуляции осадка и снижению эффективности ингибирующего действия полимера. Использование высокомолекулярных полиакриламидных флокулянтов обеспечивает высокую степень очистки водно-солевых растворов от примесей. Применение полимеров в процессах водоподготовки и водоочистки обеспечивает экономию водных ресурсов за счет повышения эффективности их использования.

Ключевые слова: вода, водорастворимые полимеры, полиакриламид, полиакрилаты, водно-солевые растворы, флокуляция, водоподготовка.

Основными техногенными источниками загрязнения воды являются промышленные и сельскохозяйственные предприятия, населенные пункты. Вода в промышленном производстве выполняет различные функции – служит сырьём, обогревателем, охладителем в технологических процессах, кроме того, транспортирует, промывает разные материалы, выводит отходы на всех стадиях производства. В ряде случаев после использования воды в производстве, например, в процессах обогащения минеральных руд, образуются водно-солевые растворы различного химического состава, дальнейшее использование которых требует их тщательной очистки.

В структуре промышленного водопотребления до 90 % от общего объема воды расходуется на отведение низкопотенциального тепла (охлаждение, конденсация, кристаллизация и др.). В этом случае вода не используется в основном технологическом процессе, не загрязняется продуктами производства и может быть многократно использована в циркуляционных системах при условии водоподготовки, предотвращающей образование солей жесткости.

В последние годы в процессах водоподготовки и очистки производственных стоков широкое применение находят водорастворимые полимеры, в частности, на основе поликарбоновых кислот и полиакриламида. Преимуществом полимеров по сравнению с соединениями других классов является высокая эффективность при использовании в процессах водоподготовки и очистки воды, в том числе, водно-солевых растворах.

Известно, что водорастворимые полимеры являются наиболее безопасной группой соединений, применяемых в настоящее время для очистки загрязненной воды, в том числе, питьевой. При производстве полимеров строго регламентируется количество базового мономера, и практически полное его отсутствие в производимых полимерах, как и устойчивость к химическому разложению полимеров, обеспечивает их экологическую безопасность. Этим обусловлено широкое использование полимеров в медицине, фармацевтике, при изготовлении лекарственных препаратов, перевязочных материалов, имплантов, протезов, и т.д.

При использовании полимеров для водоподготовки в основе предполагаемого механизма, ингибирующего солеобразование, лежит способность полимеров адсорбироваться на поверхности кристаллов карбонатов кальция и встраиваться в их кристаллическую решетку, что приводит к формированию мелких кристаллов неправильной формы, а также диспергирующая способность, что препятствует агрегированию частиц [1].

Для очистки воды от примесей используют полимерные флокулянты, принцип действия которых основан на адсорбции на поверхности частиц и образовании полимерных мостиков, способствующих агрегированию частиц и образованию осадка. Молекулярная масса

полимеров является одним из основных факторов, определяющих механизм действия полимера.

Ниже представлены варианты применения водорастворимых полимеров в качестве ингибиторов солеотложений в процессах водоподготовки и флокулянтов для очистки водно-солевых растворов от минеральных и органических примесей.

В качестве ингибиторов использовали натриевые соли полиакриловой кислоты, полиакрилаты (ПА) с ММ 1000, 2100, 4000, 5000, 8000, 15000, 78000, 120000, 180000 (ПА₁, ПА₂, ПА₄, ПА₅, ПА₈, ПА₁₅, ПА₇₈, ПА₁₂₀, ПА₁₈₀); полиметакриловой кислоты с ММ 10000 (ПМА₁₀); сополимер акриловой и малеиновой кислоты с ММ 3000 (СП₃), которые вводили в виде водных растворов в систему, содержащую CaCl₂, MgCl₂×6H₂O и NaHCO₃ (жесткость 10,7 ммольэкв/л; рН 8,3); концентрация полимера в системе 0,2 мг/л.

Для оценки эффективности ингибирующего действия водорастворимых полимеров использовали метод, моделирующий процесс осадкообразования в динамических условиях [2]. В лабораторных условиях на специальной установке при заданных условиях в капиллярные трубки подаются водные растворы солей и ингибитора. После смешивания и нагревания растворов происходит образование осадка карбоната кальция, что вызывает рост давления в капилляре. Индукционный период Т (время ингибирования) до начала образования осадка соли и соответствующего ему скачкообразного увеличения дифференциального давления от нуля до определенной величины, аналогичной для всех экспериментов (2 psi), использован в качестве характеристики эффективности ингибирования осадкообразования: чем больше значение Т, тем выше эффективность ингибирующего действия полимеров.

На рисунке представлены данные, характеризующие индукционный период системы с заданными параметрами при введении полимеров с различной молекулярной массой. Как видно из рисунка, использование ПА с ММ 4000–5000 приводит к увеличению Т в 1,8 раза по сравнению с контрольным вариантом (без реагентов). Резкое уменьшение Т до значений ниже контрольного варианта при увеличении ММ полимера до 15000 и выше обусловлено флокулирующим действием полимера в отношении частиц карбоната кальция. Увеличение индукционного периода наблюдается при использовании полимеров другого химического состава, но также содержащих карбоксильные группы: в 1,7 и 1,4 раза для ПМА₁₀ и СП₃, соответственно. Таким образом, в рассматриваемом случае флокулирующая активность полимеров приводит к снижению эффективности ингибирующего действия.

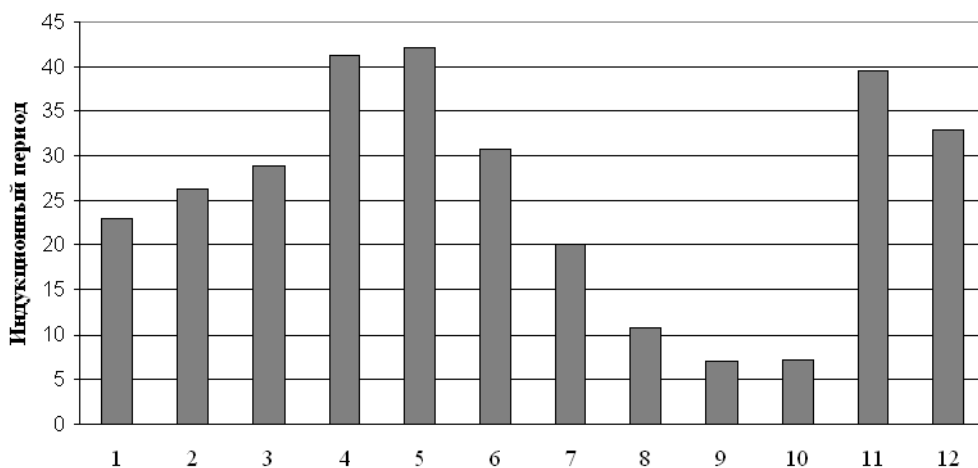


Рисунок – Диаграмма эффективности вводимых реагентов

1 - контроль, 2 - ПА₁, 3- ПА₂, 4- ПА₄, 5- ПА₅, 6 - ПА₈, 7 - ПА₁₅, 8 - ПА₇₈, 9 - ПА₁₂₀, 10 - ПА₁₈₀, 11- ПМА₁₀, 12 - СП₃.

В лабораторных условиях нами была проверена флокулирующая активность неионогенных, катионных и анионных полиакриламидных флокулянтов (ПФ) различной молекулярной массы. Как показали результаты наших исследований, эффективность флокуляции в процессе очистки водно-солевых растворов от минеральных и органических

примесей тем выше, чем больше ММ полимеров. В данной работе использовали полиакриламидный флокулянт с ММ $1,4 \cdot 10^7$ D.

Водно-солевые растворы хлорида натрия, образующиеся на стадии флотации при переработке полиминеральной руды, загрязнены органическими (аминосодержащие соединения) и неорганическими (ионы магния и кальция) примесями. Для очистки водно-солевого раствора хлорида натрия обычно используют содово-каустический метод, в результате которого образуется тонкодисперсная суспензия гидроксида магния и карбоната кальция, которая обладает высокой седиментационной устойчивостью. Осаждение протекает долго (несколько часов) и не эффективно (высота осветлённого слоя не более 15-25 % от общей высоты). Образующийся осадок имеет низкую концентрацию твердой фазы и плохо фильтруется. Кроме того, данный метод не обеспечивает удаление аминосодержащих органических соединений из водно-солевых растворов.

Для повышения эффективности процесса очистки галитовых щелоков использованы полиакриламидные флокулянты (ПФ), которые вводили в систему на завершающей стадии очистки водно-солевого раствора.

Таблица – Влияние ПФ на содержание примесей и осветление водно-солевых растворов.

ПФ, г/л	Остаточное количество примесей		Осветление, %
	Орг., мг/л	Неорг., мг/л	
–	10,6	471,4	74,6
0,05	0,04	22,3	99,2
0,06	0,03	14,1	99,4
0,07	0,03	12,2	99,6

Как следует из таблицы, применение полиакриламидного флокулянта позволяет уменьшить количество неорганических примесей более чем в 20 раз, аминосодержащих органических соединений более чем в 450 раз, повысить осветление растворов на 25 % по сравнению с водно-солевыми растворами необработанными ПФ.

Таким образом, применение водорастворимых полимеров в качестве ингибиторов накипеобразования в процессах водоподготовки снижает уровень солеотложений и повышает эффективность использования воды в водооборотных циклах. Очистка водно-солевых растворов от примесей с применением полимерных флокулянтов позволяет использовать отходы, образующиеся в процессе обогащения минеральных руд.

Список использованных источников

1. Kemmer I., Frank N. - The NALCO water handbook. New York. 1987. P. 1650
2. Моделирование процесса осадкообразования карбонатов кальция и магния в динамических условиях - Молодежь в науке. Приложение к журналу «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» / авт. текста И.В. Шестак [и др.]. – часть 1. – Минск: Беларусь, 2009. – 165 с.

Davlyud D.N., Shestak I.V., Cherednichenko D.V., Vorobiev P.D.

APPLICATION OF WATER-SOLUBLE POLYMERS IN WATER TREATMENT AND WATER-SALT SOLUTIONS PURIFICATION.

Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

Water-soluble polymers based on polycarbonic acids can be used as anti-scaling inhibitors in water treatment processes and acrylamide copolymers can be used for water-salt solutions for removal of organic and mineral impurities. Polycarbonic acids with molecular weight about 5000 increase in the induction period by 1,8 times, further MW increasing leads to sludge flocculation and decreasing of effectiveness polymer inhibiting action. High molecular weight polyacrylamide flocculants provide effective purification of water-salt solutions from impurities. Application of polymers in water treatment and water purification processes provides water saving at the expense of increasing of its use effectiveness.

Keywords: water, water-soluble polymers, polyacrylamide, polyacrylates, water-salt solutions, flocculation, water treatment.

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СПРАВОЧНЫХ РУКОВОДСТВ ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ МЕТОДАМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.А. Дубенок¹, А.В. Ёдчик²

¹Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, Минск

²Центр международных экологических проектов, сертификации и аудита «Экологияинвест», Минск

В статье рассмотрены вопросы внедрения комплексных природоохранных разрешений в Республике Беларусь и в Российской Федерации, проведен сравнительный анализ разработки и внедрения справочных руководств по наилучшим доступным техническим методам.

Ключевые слова: наилучший доступный технический метод, комплексное природоохранное разрешение, справочное руководство, окружающая среда.

Термин «наилучшие доступные технические методы» (best available techniques - BAT) впервые появился в директиве Европейского Союза по атмосферному воздуху в 1984 г. [1] и относился к выбросам загрязняющих веществ в атмосферный воздух от крупных промышленных предприятий. В дальнейшем термин распространился на все природоохранное законодательство.

Наилучшие доступные технические методы (НДТМ), в контексте нормативных правовых актов Европейского Союза, являются инструментом контроля и предотвращения отрицательного воздействия на окружающую среду с учетом особенностей конкретной отрасли промышленности.

Изучив положительный опыт Европейского Союза в вопросах внедрения НДТМ, в Республике Беларусь также начаты работы по внедрению НДТМ для комплексного предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды.

С 2009 г. в Беларуси реализуется Национальная стратегия внедрения комплексных природоохранных разрешений на 2009–2020 годы [2], определяющая задачи и перспективные направления деятельности по внедрению комплексных природоохранных разрешений (КПР), и НДТМ, как механизма комплексного предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды. В основополагающих законодательных актах в области охраны окружающей среды установлена необходимость внедрения природопользователями НДТМ.

Указом Президента Республики Беларусь «О комплексных природоохранных разрешениях» [3] определены объекты, оказывающие комплексное воздействие на окружающую среду, для которых внедрение НДТМ является первоочередным.

В целях внедрения природопользователями НДТМ создан Центр по наилучшим доступным техническим методам, который осуществляет сбор, адаптацию и распространение информации о НДТМ, а также разработку национальных пособий по НДТМ, включающих сведения о применимых в Беларуси НДТМ на основе соответствующих справочных руководств по НДТМ Европейского Союза, США и других государств. Анализ имеющихся НДТМ в Беларуси, других государствах и выводы об экономических и экологических аспектах для каждого наилучшего доступного технического метода разрабатываются межведомственной временной рабочей группой, в состав которой входят специалисты республиканских органов государственного управления, научно-исследовательских институтов, организаций, занимающихся проектированием, предоставлением услуг в области охраны окружающей среды, иных заинтересованных организаций.

В Европейском Союзе разработка справочных руководств осуществляется по двум направлениям:

- отраслевые НДТМ («вертикальные»), разрабатываемые для отраслей, оказывающих комплексное воздействие на окружающую среду – например, производство продуктов питания, минеральных удобрений, полимеров и др.;

- межотраслевые НДТМ («горизонтальные»), разработка которых охватывает технологии, характерные для любого промышленного производства - например, производство энергии, эксплуатация систем охлаждения, проведение мониторинга, в том числе в области охраны окружающей среды и т.д.

В настоящее время в Европейском Союзе разработано 34 руководства по НДТМ, из которых 28 «вертикальных» и 6 «горизонтальных».

В Республике Беларусь в настоящее время разработано и утверждено 4 «вертикальных» пособия по НДТМ (для производства продуктов питания, напитков и молока, литейного производства, целлюлозно-бумажной промышленности, переработки отходов) и 1 «горизонтальное» - пособие по экономической оценке НДТМ, а также 1 пособие, устанавливающее НДТМ для ряда отраслей, но не содержащее детальное описание воздействия отраслей на окружающую среду.

С 2015 г. работы по внедрению комплексных природоохранных разрешений и наилучших доступных технологий (НДТ) ведутся и в Российской Федерации (РФ). Федеральным законом «Об охране окружающей среды» [4] определены основные требования по разработке НДТ в РФ. Правительством РФ в 2014 г. утвержден поэтапный график разработки 47 отраслевых справочников НДТ в 2015-2017 годах и определены ответственные за их разработку [5].

Разработка справочных руководств по НДТ в РФ проводится на основе справочных руководств Европейского союза, но несколько отличается от белорусской и включает в себя следующие этапы, закрепленные законодательно:

- формирование рабочей группы для разработки справочника и утверждение ее состава;
- сбор и анализ данных, необходимых для разработки справочника;
- разработка проекта справочника, включающего в себя в определенные разделы;
- публичное обсуждение проекта справочника;
- проведение экспертизы в Техническом комитете по стандартизации «Наилучшие доступные технологии»;
- снятие разногласий со специально созданным Межведомственным советом по переходу на принципы наилучших доступных технологий и внедрению современных технологий (при наличии);
- утверждение справочника.

В целях осуществления координации деятельности технических рабочих групп по разработке справочников по НДТ приказом Росстандарта от 11 июня 2015 г. № 707 [6] создано Бюро НДТ. Кроме того, Бюро НДТ обеспечивает сбор информации о промышленных предприятиях, применяемых ими технологиях, оборудовании, данных по воздействию на окружающую среду, экономических показателях.

Анализ этой информации при разработке справочников по НДТ, а также наличие, хоть и рамочного, установленного постановлением Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 [7] порядка определения технологии в качестве наилучшей доступной, позволяет, с учетом опыта и Европейского Союза, разрабатывать максимально объективные справочники по НДТ.

В РФ на сайте Бюро НДТ (<http://burondt.ru>) размещаются проекты и утвержденные справочные руководства, опросники.

В соответствии с Федеральным Законом «О промышленной политике в Российской Федерации» [8] и постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029 [9] введено четыре категории промышленных предприятий, в зависимости от степени их воздействия на

окружающую среду, и для каждой категории установлены различные методы регулирования – так, предприятия, оказывающие комплексное воздействие на окружающую среду, разрабатывают и утверждают по согласованию со специально созданной межведомственной комиссией, программы по повышению экологической эффективности, предусматривающие мероприятия по модернизации и реконструкции, соответствующие НДТМ. Срок реализации такой программы – 7 лет, для градообразующих предприятий (численность которых составляет 25 % работающего населения населенного пункта или составляющая более 5000 человек) – 14 лет.

Предприятия же РФ, оказывающие комплексное воздействие на окружающую среду, разрабатывают и утверждают по согласованию со специально созданной межведомственной комиссией, программы по повышению экологической эффективности, предусматривающие мероприятия по модернизации и реконструкции, соответствующие НДТ.

Для предприятий, находящихся в процессе внедрения НДТ, предусмотрен зачет платы за негативное воздействие в счет инвестиций до 100%.

Вместе с тем, при нарушении сроков внедрения НДТ, предприятию производится пересчет экологического налога с применением повышенных коэффициентов и его взыскание.

При отказе внедрения НДТ предприятию увеличивается плата за негативное воздействие до размеров, сопоставимых с затратами на очистку выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

В настоящее время в РФ разрабатывается механизм оценки производителей наилучших доступных технологий, позволяющий объективно оценить технологию на соответствие НДТ.

Проведенный сравнительный анализ разработки и внедрения справочных руководств по наилучшим доступным техническим методам в РБ и РФ позволяет сделать вывод о том, что работа по внедрению НДТ в Российской Федерации осуществляется более комплексно и планомерно, и российский подход к разработке и внедрению НДТ, наряду с опытом Европейского Союза, необходимо перенимать и для Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Директива 2010/75/ЕС Европейского Парламента и Совета от 24 ноября 2010 г. о промышленных выбросах.
2. Национальная стратегия внедрения комплексных природоохранных разрешений на 2009–2020 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 25.07.2009 г. № 980 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь, 04 августа 2009 г. - № 184.
3. О комплексных природоохранных разрешениях: Указ Президента Республики Беларусь от 17 ноября 2011 г. № 528 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь, 23.11.2011 г., № 130.
4. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный Закон, 10.01.2002г., № 7-ФЗ: принят Гос. Думой 20.12.2001 г.: одобр. Советом Федерации 26.12. 2001 г. // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2016.
5. Поэтапный график создания в 2015 - 2017 годах отраслевых справочников наилучших доступных технологий [Электронный ресурс]: утв. Распоряжением Правительства РФ, 31.10.2014 г. № 2178-р // ФБУ «Ростест». - Режим доступа - <http://www.rostest.ru/company// Распоряжение%20№2178%20от%2031.10.2014.pdf>. – Дата доступа: 10.04.2017.
6. Об определении организации, осуществляющей функции Бюро наилучших доступных технологий [Электронный ресурс] : приказ Фед. агентст. по технич. регулир. и метрол. Министерства пром. и торговли РФ, 11.06.2015 г., № 707 // Бюро НДТ. – Режим доступа: <http://www.burondt.ru/ NDT/NDTDocsDetail.php>. – Дата доступа: 10.04.2017.
7. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ, 23.12.2014 г., № 1458 // Бюро НДТ. – Режим доступа - <http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php>. – Дата доступа: 10.04.2017.
8. О промышленной политике в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный Закон, 31.12.2014 г., № 488-ФЗ: принят Гос. Думой 16.12. 2014 г. // Консультант Плюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2016.

9. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ, 28.09.2015 г., № 1029// Консультант Плюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2016.

Dubenok S.A.¹, Yodchyk A.V.²

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF REFERENCE GUIDES ON BEST AVAILABLE TECHNIQUES IN THE REPUBLIC OF BELARUS AND THE RUSSIAN FEDERATION

¹Central research institute for complex use of water resources (Belarus)

²Center for international ecological projects, certification and audit "Ecologiainvest" (Belarus)

The article deals with the issues of introduction of integrated environmental permits in the Republic of Belarus and in the Russian Federation, and a comparative analysis of the development and implementation of manuals on the best available techniques.

Keywords: best available techniques, integrated environmental permit, reference guide, environment.

УДК 504.06

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»

А.М. Жуковец

Белорусский национальный технический университет, Минск

В статье рассматривается воздействие горнодобывающих предприятий на поверхностные и подземные воды. Процесс добычи калийной руды сопровождается использованием значительного количества водных ресурсов и образованием больших объемов сточных вод с высокой минерализацией, что является одним из основных источников загрязнения окружающей среды, образующим ореолы засоления поверхностных и подземных вод. Технологические процессы переработки руд требуют дальнейшего совершенствования, в том числе направленного на снижение загрязнения водных ресурсов.

Ключевые слова: горнодобывающее производство, экологическое воздействие, водные ресурсы.

В настоящее время всё большую остроту и актуальность приобретают экологические проблемы, связанные с использованием водных ресурсов в районах проведения геологоразведочных работ и разработки месторождений полезных ископаемых. Интенсивное использование водных ресурсов для горнодобывающей промышленности, связанное с расходом, потерями, а главным образом – загрязнением вод, оказывает существенное влияние на состояние гидросферы и, как следствие, на все другие компоненты окружающей среды [1].

Калийная промышленность остается одной из основных отраслей, характеризующихся значительными объемами водопотребления и образованием больших объемов сточных вод с высокой минерализацией. При добыче калийных руд влияние, оказываемое на водный бассейн, проявляется в изменении водного режима, загрязнении и засолении вод. Таким образом, горное производство оказывает негативные воздействия непосредственно на водные объекты, приводящие к истощению запасов вод, изменению их режимов, состояния и качества: отбор вод для технологических процессов обогащения, сброс дренажных и сточных вод в поверхностные водоемы и водотоки, подземные горизонты. А также на другие элементы окружающей среды (атмосферный воздух, почву, растительность), в результате которых ухудшаются состояние и качество природных вод.

Производство калийных удобрений сопровождается образованием значительных объемов галитовых отходов и глинисто-солевых шламов, складирование которых осуществляется в виде отвалов хвосто- и шламохранилищ. Существенное влияние на режим и состояние поверхностных, грунтовых и подземных вод оказывают отвалы и гидротехнические сооружения горнодобывающих предприятий. В результате инфильтрации рассолов из

хранилищ, а также фильтрации атмосферных осадков через солеотвал происходит загрязнения подземных и поверхностных вод. Инфильтрация вод в основании отвалов и гидротехнических сооружений приводит, как правило, к подъему уровня грунтовых вод и заболачиванию прилегающей территории по контуру этих сооружений, а также к подпитке подземных водоносных горизонтов, особенно верхних [2].

Одним из ведущих горнодобывающих предприятий Республики Беларусь является ОАО «Беларуськалий». Основными источниками химического загрязнения окружающей среды вблизи этого предприятия являются обогатительные фабрики, галитовые отходы и глинисто-солевые шламы. Интенсивная эксплуатация Старобинского месторождения калийных солей создала негативные экологические последствия на окружающую среду.

Формирование гидрохимического режима поверхностных вод на территории Солигорского горнопромышленного района происходит под влиянием промышленной деятельности предприятия. В процессе эксплуатации месторождения калийных руд выявлено засоление подземных вод на глубину до 20-30 м, в отдельных скважинах в подземном водоносном горизонте минерализация вод достигает 37,0 г/дм³.

Анализ проведенных в настоящее время наблюдений свидетельствует о том, что загрязнение вод высокоминерализованными растворами имеет локальный характер. Глубина проникновения рассолов составляет до 100-120 м, т.е. на всю мощность зоны активного водообмена. Максимальная концентрация солей в подземных водах фиксируется скважинами, расположенными в непосредственной близости от источников засоления, или на удалении 100-300 м от них. Границы ореолов засоления с минерализацией около 1 г/дм³ прослеживаются на удалении 0,5-0,7 км, максимум до 1 км. Скорость продвижения ореолов засоления оценивается от нескольких метров до десятков метров в год и увеличивается на порядок в зонах влияния водозаборов подземных вод.

Дождевые воды способствуют миграции легкорастворимых в воде солей в ближайшие водные объекты, какими являются Солигорское водохранилище и р. Случь. Воды Солигорского водохранилища по гидрохимическому составу гидрокарбонатно-кальциевые, среднеминерализованные с минерализацией 333,0–436,4 мг/л. Воды характеризуются повышенным содержанием сульфатов – 14,4–41,7 мг/л, хлоридов – 14,7–42,4 мг/л, натрия – 10,4–16,9 мг/л, калия – 2,8–7,2 мг/л. По индексу загрязненности вода Солигорского водохранилища по всей акватории умеренно загрязненная, индекс загрязнения вод – 1,2–1,4. Содержание хлоридов в р. Случь до строительства калийных заводов составляло в среднем около 14 мг/л. С вводом в строй калийных предприятий начался интенсивный рост концентрации хлоридов и в настоящее время превышает «допромышленный уровень» в 3 раза.

Грунты, на которых размещаются объекты с отходами, представлены легко фильтрующими песками и супесями; грунтовые воды залегают на глубинах 1–10 м. Кроме грунтовых вод, по территории Солигорского горно-промышленного региона распространяются водоносные горизонты межморенных днепровско-сужковских и березинско-днепровских образований (первый и второй водоносные горизонты), палеоген-неогеновых и сеноманских (верхнемеловых) отложений (третий и четвертый горизонты). Водоносные горизонты гидравлически связаны между собой и представляют единый водоносный комплекс зоны активного водообмена. Значительную загрязненность водоносного комплекса составляют компоненты отходов калийного производства: калий, натрий, кальций, магний, хлор и другие компоненты, содержание которых в подземных водах достигает нескольких десятков грамм на литр, что на несколько порядков превышает соответствующие ПДК. Так, общая минерализация достигла 10–160 г/л, концентрация К, Na – 1,5–33,4 г/л, Са – 0,6–3,1 г/л, Mg – 0,2–0,5 г/л, Cl – > 50 г/л, SO₄ – 0,5–1,8 г/л.

За время существования калийных производств в подземные воды мигрировало более 35 млн. т хлоридных солей, в составе которых, кроме NaCl, KCl, MgCl₂, CaCl₂, содержатся микроэлементы: Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cd. Глубина загрязнения подземных вод достигла 100–120

м. Увеличивающиеся по площади и вглубь разреза осадочной толщи ореолы засоленных подземных вод представляют опасность засоления пресных подземных вод юга Беларуси и угрозу постоянного засоления поверхностных вод при достижении ими областей разгрузки в местную речную и гидромелиоративную сеть.

Экологические проблемы в Солигорском горнопромышленном районе не ограничиваются загрязнением подземных и поверхностных вод. Выемка калийных пород из недр земли и накопившиеся на поверхности земли огромные массы отходов калийного производства привели к просадкам земной поверхности над отработанными горными выработками, что в свою очередь интенсифицировало процессы заболачивания, подтопления сельхозугодий, населенных пунктов и другие явления [3].

Таким образом, ухудшение экологической ситуации имеет место на всей территории Солигорского горнопромышленного района. Поэтому к дальнейшему освоению месторождения необходимо подходить комплексно с учетом решения всех возможных экологических проблем при эксплуатации горно-обогатительного предприятия. Рассмотренные данные показывают, что технологические процессы переработки руд требуют дальнейшего совершенствования, в том числе направленного на снижение загрязнения водных ресурсов. Использование водных ресурсов связано со строительством и эксплуатацией специализированных объектов, оказывающих многофакторное влияние на окружающую среду и хозяйственную деятельность, поэтому в функции водохозяйственного комплекса входит разработка мероприятий по предотвращению негативных последствий этого влияния. При выполнении водоохраных мероприятий взято направление на совершенствование оборотных систем и экологизацию водного хозяйства горнодобывающих комплексов [4].

Список использованных источников

1. Мироненко В.А.. Охрана подземных вод в горнодобывающих районах / В.А. Мироненко, В.Г. Румынии, В.К. Учаев. – Л.: Недра, 1980. – 320 с.
2. Оценка экологических рисков в регионе освоения Старобинского месторождения калийных солей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://news4.html> – Дата доступа: 17.05.2017.
3. Лысухо, Н.А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду: монография / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.
4. Хайрулина Е.А. Максимович Н.Г. Влияние стоков солеотвала калийного предприятия на химизм приповерхностной гидросферы // Геохимия ландшафтов и география почв: докл. всерос. науч. конф., Москва, 4–6 апреля 2012 г. – М.: Географический факультет МГУ, 2012. – С. 340–342.

Zhukovec A.M.

THE IMPACT OF MINING ON SURFACE WATER AND GROUNDWATER BY THE EXAMPLE OF JSC "BELARUSKALI"

Belarusian National Technical University (Belarus)

The article discusses the impact of mining on surface water and groundwater. The process of extraction of potash ore involves the use of significant amounts of water resources and the accumulation of large amounts of wastewater with high salinity, which is one of the main sources of environmental pollution, forming halos of salinization of surface and groundwater. Technological processes of ore processing require further improvement, including those aimed at reducing water pollution.

Keywords: mining, environmental, water resources.

**ФОНОВЫЕ УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ТРИТИЯ В ОТКРЫТЫХ
ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
БЕЛОРУССКОЙ АЭС**

В.В. Журавков, В.П. Миронов, С.С. Позняк, А.Н. Скибинская

*Международный государственный экологический институт имени А.Д.Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск*

Радиационный мониторинг поверхностных вод в районе строительства предприятий ЯТЦ необходимо проводить до их строительства, во время эксплуатации и после снятия их с эксплуатации. Необходимо регулярно осуществлять отбор проб поверхностных вод с интервалами, которые будут зависеть от периодов полураспада радионуклидов. Представленные результаты показывают, что удельная активность трития в воде открытых водоёмов в районе строительства белорусской АЭС соответствуют последствиям бомбовых выпадений для данных широт.

Ключевые слова: тритий, фоновые уровни содержания трития, среднее значение удельной активности трития.

Введение. Тритий по ряду причин занимает особое место в вопросах обеспечения радиационной безопасности АЭС. Во-первых, содержание трития в жидких сбросах при нормальной работе АЭС намного превосходит по абсолютному значению содержание всех остальных нуклидов, а в газообразных выбросах в окружающую среду количество трития уступает только количеству радиоактивных благородных газов (РБГ). Во-вторых, в отличие от химически инертных РБГ, инкорпорированный тритий эффективно включается в состав биологической ткани, вызывая мутагенные нарушения, как за счет β -излучения средней энергии 5,8 кэВ, так и за счет нарушения молекулярных связей, вызванных заменой изотопа водорода нейтральным гелием, образовавшимся в результате распада трития. В-третьих, тритий обладает большим периодом полураспада (12,6 лет) и вследствие этого является глобальным загрязнителем природных комплексов. Эти и некоторые другие специфические особенности позволяют отнести тритий к числу наиболее радиационно-опасных долгоживущих нуклидов, которые способны загрязнять биосферу в районе непосредственного размещения источника, но и в региональном масштабе.

Материалы и методы исследования. Гидрографическая сеть в пределах 30-километровой зоны белорусской АЭС включает 70 водных объектов, из которых 5 являются трансграничными, 52 расположены на территории Беларуси.

К основным водным объектам района размещения площадки белорусской АЭС [1], относятся реки Вилия, Полпе, Гозовка, Страча, Ошмянка, Лоша, Снягянское водохранилище (водохранилище Рачунской ГЭС), Ольховское водохранилище (водохранилище Ольховской ГЭС), а также озеро Свирь и другие непроточные водоемы (места отдыха населения, водопой скота и т.д.) в районе 30-километровой зоны расположения белорусской АЭС. Для охлаждения реакторов будет использована вода из реки Вилия. Ежедневно из реки будет забираться 3660 м³ воды. В реку Вилия будет осуществляться сброс 910 м³ в сутки (может быть до 3600 м³) отработанной воды по ее притоку Полпе.

При проведении радиоактивного мониторинга водных сред особое значение необходимо уделять состоянию реки Вилии, так как она протекает в ближней зоне белорусской АЭС, а также притоков р.Вилии, так как эти реки могут представлять потенциальную экологическую опасность в случае загрязнения территории, состояние которых может значительно ухудшиться в результате трансграничного переноса радионуклидов водным путем. Поэтому важнейшей задачей мониторинга поверхностных вод является правильный выбор пунктов наблюдения, под которыми понимается место на водоеме или водотоке, где производится комплекс работ для получения данных о радиационном загрязнении воды. Пункты наблюдения в зависимости от народнохозяйственного значения водных объектов, их размеров и экологического состояния могут включать один или несколько створов, которые представляют собой условные поперечные сечения водоема или водотока. Расположение

створов наблюдения зависит от гидрологических и морфологических особенностей водного объекта, положения источников загрязнения, объема и состава сточных вод, интересов водопользователей.

Результат исследования и их обсуждение. В 2016 году совместно с Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды были исследованы пробы воды из основных водных объектов района размещения площадки Белорусской АЭС, а именно из реки Вилия (населенные пункты Михалишки, Малые Свирянки, Мужилы); реки Лоша (населенный пункт Гервяты); реки Полпе (населенный пункт Чехи); реки Гозовка (населенный пункт Гоза); реки Страча (населенный пункт Ольховка).

В итоге испытано 35 проб поверхностных вод, отобранных в зоне наблюдения Белорусской АЭС, выполнено более 150 прямых измерений длительностью 300 минут (до статистической погрешности не более 5%) [2].

Определение концентрации трития в водных пробах и подготовка проб к измерениям проводились согласно ранее разработанной методики [3]. Измерения трития проводились с использованием жидкостинцилляционных радиометров серии TRI-CARB и QUANTULUS.

Таблица – Уровни загрязнения открытых водоёмов тритием в зоне строительства БелАЭС [4]

Пункт наблюдений	Дата отбора	Объем пробы, л	Объемная активность, Бк/дм ³ А±Δ
р.Вилия, н.п. Мужилы	29.04.2016	0,5	1,1±0,2
	31.05.2016	0,5	2,3±0,3
	12.07.2016	0,5	2,8±0,3
	21.09.2016	0,5	1,5±0,2
	16.11.2016	0,5	0,8±0,1
р.Лоша, н.п. Гервяты	29.04.2016	0,5	1,9±0,2
	31.05.2016	0,5	4,1±0,4
	12.07.2016	0,5	3,1±0,3
	21.09.2016	0,5	2,6±0,3
	15.11.2016	0,5	0,9±0,1
р.Полпе, н.п. Чехи	29.04.2016	0,5	2,7±0,3
	31.05.2016	0,5	3,3±0,4
	12.07.2016	0,5	2,0±0,2
	21.09.2016	0,5	1,8±0,2
	16.11.2016	0,5	0,7±0,1
р.Гозовка, н.п. Гоза	29.04.2016	0,5	2,3±0,2
	31.05.2016	0,5	3,2±0,3
	12.07.2016	0,5	0,9±0,1
	21.09.2016	0,5	2,5±0,3
	15.11.2016	0,5	0,8±0,1
р.Страча, н.п. Ольховка	29.04.2016	0,5	1,2±0,2
	31.05.2016	0,5	3,8±0,4
	12.07.2016	0,5	1,6±0,2
	21.09.2016	0,5	2,5±0,3

Заключение. В результате проведения научных экспедиций были отобраны пробы воды из основных водных объектов района размещения площадки белорусской АЭС согласно ОВОС, а именно из реки Вилия у н.п. Тартак (возможный максимум радионуклидного загрязнения), у н.п Мужилы (сброс воды с АЭС), из реки Полпа у н.п. Маркуны 200 метров до впадения в Вилию, из реки Тартак у н.п. Тартак и у н.п. Быстрица (последний крупный н.п. перед границей с Литвой), из реки Газовка у н.п. Гоза, из реки Ошмянка у н.п. Видюны, из

реки Лоша у н.п. Островец, у н.п. Белькички и у н.п. Мацки (место отдыха населения), из Снягянского водохранилища (водохранилище Рачунской ГЭС) и из Ольховского водохранилища (водохранилище Ольховской ГЭС).

Определена удельная активность трития в двенадцати открытых водоёмах в районе планируемого строительства белорусской АЭС. При этом выполнено более 150 прямых измерений длительностью 300-500 минут (до статистической погрешности не более 5%) и 11 электролитических обогащений длительностью по 30 - 40 часов.

В результате исследований было получено, что среднее значение удельной активности трития для проточных водоёмов в 30-ти километровой зоне строительства Белорусской АЭС составило $3,0 \pm 1,9$ Бк/л.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что удельная активность трития в воде в указанных водоёмах соответствуют глобальным выпадениям для данных широт.

Список используемых источников

1. ОВОС. Обоснование инвестирования в строительство атомной электростанции в Республике Беларусь. Этап 4: Оценка воздействия на окружающую среду. Раздел 4. Характеристика окружающей среды и оценка воздействий на нее белорусской АЭС. Поверхностные воды. Количественные и качественные характеристики. Раздел 5. Характеристика окружающей среды и оценка воздействий на нее белорусской АЭС. Поверхностные воды. Оценка возможного радионуклидного загрязнения водотоков. Трансграничный перенос радиоактивных загрязнений. "БЕЛНИПИЭНЕРГОПРОМ", Минск, 2009.
2. Миронов В.П., Журавков В.В., Кудина О.П., Романовская Е.В. Мониторинговые исследования трития в регионе размещения Белорусской АЭС. Материалы международной научной конференции «Радиация, экология и техносфера», Гомель, 2013, – С. 101-102.
3. Определение удельной активности трития в воде с использованием жидкосцинтилляционных радиометров серии TRI-CARB и QUANTULUS: метод. указ., В.П.Миронов, В.В. Журавков, под. ред. В.И.Макаревича. РУП «Белорусский государственный институт метрологии». – Минск, 2011. – 13 с. <http://exhibit.metolit.by/node/10043>.
4. Миронов В.П., Журавков В.В. «Тритий, углерод-14 и криптон-85 в регионе размещения предприятий ядерно-топливного цикла» Материалы 15-й международной научной конференции Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века. 21-22 мая 2015 г., Минск. – Минск, 2014. стр. 217-218.

Zhuravkov V.V., Mironov V.P., Pazniak S.S., Skibinckaya A.N.

BACKGROUND LEVELS OF CONTENT OF TRITIS IN OPEN HYDROGRAPHIC OBJECTS IN THE CONSTRUCTION AREA OF THE BELARUSIAN NPP

Belarusian State University, ISEI BSU (Belarus)

Radiation monitoring of surface waters in the area of construction of NFC enterprises must be carried out before construction, during operation and after their decommissioning. It is necessary to carry out regular sampling of surface waters at intervals that will depend on the half-lives of radionuclides. The presented results show that the specific activity of tritium in the water of open reservoirs in the area of construction of the Belarusian NPP corresponds to the consequences of bomb fallouts for these latitudes.

Keywords: tritium, background levels of tritium content, average value of specific activity of tritium.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Г.З. Идрисова¹, К.М. Ахмеденов²

¹*Саратовский госагроуниверситет им. Н.И. Вавилова, Саратов*

²*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Уральск*

Приведены результаты гидрохимического и токсикологического обследования трех родников Атырауской области, расположенных на территории Западного Казахстана. Дана характеристика содержания в родниковой воде катионов и анионов, тяжелых металлов в сопоставлении с санитарными нормами и требованиями к качеству воды.

Ключевые слова: родник; вода питьевая; гидрохимические и токсикологические показатели; санитарное состояние родников.

Специфика формирования солянокупольных геосистем служит основной причиной их высокого рекреационно-бальнеологического потенциала. Солянокупольные ландшафты концентрируют высокий рекреационный и бальнеологический потенциал за счет формирования геосистем с уникальными свойствами литофацильных образований (минеральные грязи), природных вод (природные рассолы), а также воздушной среды в подземных выработках (спелеотерапия) [1, 2].

В результате экспедиционных исследований в 2016 году были обследованы три родниковых урочища на побережье озера Индер в Атырауской области – Тилепбулак, Ащытуздыбулак и Туздыбулак формирование питающих водоносных комплексов которых связано с галогенно-сульфатной толщей Индерской соляной структуры.

Материалы и методы исследования. Состав работ по обследованию родников включал [3,4]: изучение обустройства источников, отбор проб, измерение дебита, содержание рН, содержание растворенного кислорода, определение координат родника с помощью 12-ти канального GPS-приемника модели GarminTrex, составление чернового варианта паспорта родника, фоторегистрация объекта (рисунок, таблица 1).

Отбор проб проводился согласно ГОСТ 17.1.5.04-81 «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод».

Исследование гидрохимических и токсикологических характеристик проводилось согласно следующим нормативным документам: ГОСТ 3351-74 «Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности»; ГОСТ 18164-72 «Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка»; ГОСТ 31957-2012 «Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов»; СТ РК ГОСТ 51309-2003 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии»; ГОСТ 4192-82 «Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ»; ГОСТ 4245-72 «Вода питьевая. Метод определения содержания хлоридов»; Метод определения перманганатной окисляемости». Определение нефтепродуктов и фенолов проводилось на флюорометрическом анализаторе жидкости «Флюорат-02-3М» по ПНДФ 14.1:2:4.128-98.

Для определения использовалось следующее аналитическое оборудование: иономер

лабораторный И-160МИ (ООО НПО «Измерительная техника ИТ», г. Москва), атомно-абсорбционный спектрофотометр SPECTR AA 140 (VARIAN, Австралия), спектрофотометр Cary-50 (VARIAN, Австралия).

Результаты сопоставлялись с нормами Санитарных правил, утвержденных приказом министра национальной экономики РК от 16 марта 2015 года №209 «Санитарно-эпидемиологические требования к водоемким объектам, местам водозабора для хозяйственно-питьевых целей, хозяйственно-питьевому водоснабжению и местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов».

Результаты исследований. Результаты полевых исследований представлены ниже.

Таблица 1 – Результаты полевых исследований родников Атырауской области

№	Место отбора	Каптаж	t-ра, °C	O ₂ , %	pH	Координаты	Высота (м)	Местоположение
1.	Туздыбулак	отс-г	16,3	21,25	7,24	N 48°051'33.24" E 51°95'35.59"	5	Атырауская область, Индерборский район, 17 км ЮЮВ п.Индерборский
2.	Ащытуздыбулак	отс-г	18,3	31,11	6,78	N 48°30'50.26" E 51°56'35.64"	12	Атырауская область, Индерборский район, 17 км ЮЮВ п.Индерборский
3.	Тилепбулак	отс-г	18,5	26,28	6,83	N 48°30'50.26" E 51°56'35.64"	23	Атырауская область, Индерборский район, 17 км ЮЮВ п.Индерборский



а) Ащытуздыбулак



б) Тилепбулак

Рисунок – Родники Атырауской области

Гидрохимический и токсикологический анализ родниковых вод. В родниковых водах трех родников значения жесткости значительно превышают ПДК (таблица 2). В роднике Ащытуздыбулак жесткость составляет 95,7 мг-экв/дм³, в роднике Тилепбулак – 17,8 мг-экв/дм³, а в роднике Туздыбулак составляет 104,2 мг-экв/дм³. Вода этих родников относится к группе очень жестких вод. Значения хлоридов, сульфатов и сухого остатка также превышают ПДК. В роднике Ащытуздыбулак значение аммония превышает ПДК в 1,8 раза. В остальных родниках концентрация аммония в пределах норм. По минерализации вода родника

Тилепбулак относится к типу сильносоленых вод. Вода родников Ащытуздыбулак и Туздыбулак относится к типу рассолов. По химическому типу воды родников относятся к хлоридным. Родники на берегу озера Индер представляет собой гидрогеохимическую аномалию, которая связана с миграцией солоноватых вод четвертичного водоносного горизонта через галогенно-сульфатные отложения, залегающие у северного борта Индерской впадины.

Таблица 2 – Гидрохимический состав вод родников Атырауской области

№	Место отбора	NH ₄ ⁺ мг/л	NO ₂ ⁻ мг/л	NO ₃ ⁻ мг/л	Мутн. мг/л	CO ₃ ²⁻ мг/л	HCO ₃ ⁻ мг/л	Cl ⁻ мг/л	SO ⁴⁺ мг/л	Ca ²⁺ мг/л	Mg ²⁺ мг/л	Общ. жест мг-экв/л	Перм. окис. мг/л	Сух. остат. мг/л	Бор мг/л	Полифосф. мг/л	Na+K, мг/л	Общ. мин., мг/л
1.	Туздыбулак	0,00	0,001	0,00	0,52	0,0	153,0	36868	4096	1499	358,0	104,2	16,5	66496	0,0	0,0	23497	66395
2.	Ащытуздыбулак	0,00	0,002	0,00	0,99	0,0	140,0	28080	4382	1325	360,0	95,7	4,72	52424	0,0	0,0	18131	52348
3.	Тилепбулак	0,2	0,00	0,1	0,52	0,0	287,0	26000	4462	198,0	96,0	17,8	3,20	49654	0,0	0,02	18680	49580
ПДК по СанПиН № 209		2,0	3,3	45	1,5	Не норм	Не норм	350	500	Не норм	Не норм	7,0	5	1000	0,5	3,5	Не норм	Не норм.

Содержание тяжелых металлов (медь, цинк, свинец) в исследованных водах родников находится в пределах установленных норм (таблица 3). Содержание кадмия в воде родников Ащытуздыбулак и Туздыбулак превышает установленные нормы в 2 и 2,3 раза соответственно. Содержание железа во всех исследованных водах родников имеет превышение ПДК в 2,5 раза. Содержание хрома во всех водах превышает ПДК в среднем в 6 раз. Концентрация марганца в воде родников Ащытуздыбулак и Тилепбулак превышает установленные нормы в 1,9 и 5,4 раза.

Таблица 3 – Токсикологические показатели родников Атырауской области

№	Место отбора	Cu, мг/л	Zn, мг/л	Pb, мг/л	Cd, мг/л	Fe, мг/л	Cr, мг/л	Mn, мг/л	Нефтепр. мг/л	Фенолы, мг/л
1.	Туздыбулак	0,15	0,011	0	0,0023	0,75	3,77	0,15	0,02	0,0001
2.	Ащытуздыбулак	0,12	0,02	0	0,002	0,77	2,90	0,09	0	0
3.	Тилепбулак	0,10	0,03	0	0,001	0,75	2,46	0,14	0	0
ПДК по СанПиН №209		1,0	5,0	0,03	0,001	0,3	0,5	0,1	0,1	0,001

Анализ гидрохимических классов родниковых вод. Гидрохимический класс родниковых вод складываются, из доминирующих анионов и катионов. Гидрохимический класс изученных родников - хлоридно-натриево-калиевый.

Заключение. В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- в исследуемых родниковых водах практически не обнаружено содержание свинца, меди, нефтепродуктов и фенолов, уровень содержания цинка в исследованных водах родников

находится в пределах установленных норм.

-исследуемые родниковые урочища являются восходящими родниками, связанные с локальным тектоническим подъемом, в т.ч. соляных куполов.

Выявление значительной дифференциации химического состава родников Западного Казахстана позволяет оценить их практическое и рекреационное значение и разработать природоохранные мероприятия, учитывающие особенности функционирования конкретного родника.

Таким образом, родниковые урочища являются составной частью не только природной среды, но также являются объектом водоснабжения и рекреации, поэтому оценка качества и состояния родника является необходимым условием для обеспечения населения питьевой и лечебной водой, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям.

Список использованных источников

1. Ахмеденов, К.М. Оценка экологического состояния родников Актюбинской области / К.М. Ахмеденов, Г.З. Каиргалиева // Качественное естественнонаучное образование – основа прогресса и устойчивого развития России: Сборник статей международного симпозиума.-2-3 марта 2016 г.-Саратов: Издательство ООО «Амрит», 2016.- С.56-58.
2. Ахмеденов К.М. Проблемы рационального использования родников Западного Казахстана // Иванов окулары -2015=Ивановские чтения -2015: Материалы областной научно-практической конференции. - Уральск: Издательство РИО ЗКГУ, 2015.- С.4-7.
3. Климентов П.П. Методика гидрогеологических исследований. - Госгеолтехиздат, М., 1961. - 220 с.
4. Ахмеденов К.М. Родниковые ландшафты Западного Казахстана: монография. - ТОО «NIDS». – Уральск.- 2015. – Т. 1. -131 с.

Idrisova G.Z.¹, Ahmedenov K.M.²

ECOLOGICAL STATE OF SPRINGS OF ATYRAU REGION OF WESTERN KAZAKHSTAN

¹ Saratov State Agrarian University named after N.I Vavilov (Russia)

² West Kazakhstan Agro-Technical University named after Zhangir Khan (Kazakhstan)

The results of a hydrochemical and toxicological survey of three springs in the Atyrau region located in the territory of Western Kazakhstan are presented. The characteristics of the content of cations and anions, heavy metals in spring water in comparison with sanitary norms and water quality requirements are given.

Keywords: spring; drinking water; hydrochemical and toxicological indicators; sanitary condition of springs.

БИОПРЕПАРАТ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АММОНИЙНОГО АЗОТА

Д.И. Кельник, Г.М. Петрова, Е.М. Глушень
Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск

Разработан высокоэффективный микробный препарат для интенсификации очистки сточных вод, осложненных высоким содержанием аммонийного азота. Проведены его лабораторные и промышленные испытания. Доказано, что на биологических очистных сооружениях УП «Несвижское ЖКХ» использование биопрепарата позволило добиться снижения концентрации аммонийного азота на 44 % и интенсификации очистки коммунального стока от аммонийного азота на постоянном уровне эффективности (80 – 87%) в течение длительного периода.

Ключевые слова: микроорганизмы, биопрепарат, аммонийный азот, сточные воды, биологическая очистка.

Введение. В настоящее время большинство отраслей промышленности (пищевая, микробиологическая, химическая, фармацевтическая и др.) являются масштабными производителями концентрированных по органическим загрязнениям сточных вод, которые приводят к перегрузкам сооружений аэробной биологической очистки. В городских сточных водах количество соединений азота достигает 30-60 мг/л, некоторых промышленных сточных водах оно может превышать 1000 мг/л [1].

Классическая технология очистки сточных вод с использованием активного ила и чередования аэробных и анаэробных зон в аэротенках имеет ряд существенных недостатков. К ним относятся высокие затраты энергии на аэрацию, образование аэрозолей, неполная очистка от соединений азота. Очистка воды от соединений азота хлорированием, озонированием, ультрафиолетовым облучением, ионным обменом, электролизом, деминерализацией, отдувкой аммиака воздухом требует дорогостоящих реагентов и оборудования, сложна в эксплуатации и малоэффективна. Промышленные сточные воды очищаются от органических веществ биологическими методами, однако соединения азота в них практически не извлекаются.

В настоящее время актуальной представляется интенсификация процесса очистки сточных вод путем обогащения ее специализированными микроорганизмами, активно потребляющими аммонийный азот. Широкий спектр возможного использования препаратов на основе таких микроорганизмов в технологиях очистки производственных и коммунальных сточных вод, а также отсутствие методов, альтернативных микробиологическому, обеспечат им высокий уровень востребованности как в Республике Беларусь, так и за ее пределами.

Цель данного исследования - скрининг микроорганизмов, активно потребляющих аммонийный азот и создание на их основе комбинированного биопрепарата для интенсификации очистки сточных вод от аммония.

Материалы и методы исследования. Выделение микроорганизмов проводили методом накопительных культур на основе почвы, которая длительное время подвергалась загрязнению в естественных условиях продуктами выбросов предприятия органического синтеза и почвы, отобранной на территории биологических очистных сооружений. Способность микроорганизмов активно потреблять аммонийный азот изучалась на хозяйственно-бытовой сточной воде УП «Несвижское ЖКХ» и оценивалась по скорости снижения концентрации данных ионов в периодических условиях культивирования. Для этого в подготовленные стерильные среды вносили препарат Деаммон в объеме 10% от объема питательной среды. рН сред измеряли потенциометрическим методом комбинированным электродом ЭСК 10301/7 в комплекте с анализатором жидкости «Эксперт-001». Для контроля процесса очистки сточных вод определяли содержание химического потребления кислорода (ХПК) и аммонийного азота. Количественный химический анализ воды на содержание соединений азота осуществляли фотометрическим методом с помощью ионоселективных электродов «ЭКОМ-NH₄» [2]. ХПК определяли с использованием анализатора «Эксперт-003-

ХПК» [3]. Содержание растворенного кислорода pO_2 в воде фиксировали с помощью амперометрического датчика растворенного кислорода с термоэлектрическим преобразователем ДКТП-02 на анализаторе жидкости «Эксперт-001-БПК» [4].

Результаты и их обсуждение. Скрининг микроорганизмов, способных активно потреблять аммонийный азот, проводили среди 102 культур из рабочей коллекции лаборатории природоохранных биотехнологий. 27 штаммов проявили высокую способность к потреблению аммонийного азота. Все отобранные культуры микроорганизмов, отобранные из коллекционных штаммов, выделены из сточных вод и активного ила очистных сооружений, принимающих на очистку стоки производственных предприятий органического синтеза.

Отобранные коллекционные штаммы представлены бактериальной флорой, относящейся к трем таксономическим группам: *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Rhodococcus*. Большинство культур, способных к росту на среде с повышенным содержанием аммонийного азота, средах Гильтая (для денитрифицирующих микроорганизмов) и Виноградского (для бактерий первой фазы нитрификации) принадлежит микроорганизмам рода *Rhodococcus*. Количество их составило 44,4 % из 27 отобранных штаммов. 22,2 % культур представлено микроорганизмами рода *Bacillus* и 33,3 % – бактериями рода *Pseudomonas*.

Наилучший рост среди отобранных музейных культур проявило 2 штамма: *Rhodococcus ruber* 1НГ и *Rhodococcus ruber* 2В.

Помимо этого, были отобраны наиболее активные штаммы полученные методом накопительных культур – ДД, ДК-18, ДДК-11, ДК-21 и ГПД-7 Проведена молекулярно-генетическая идентификация данных бактериальных культур на основании анализа нуклеотидной последовательности гена 16S рРНК. Штаммы ДК-18 и ДК-21 идентифицированы как *Bacillus* sp., культуры ДДК-11 и ГПД-7 как *Pseudomonas* sp., а штамм ДД как *Rhodococcus* sp.

В ходе лабораторных исследований было показано, что среди отобранных лабораторных и выделенных из накопительных культур микроорганизмов, проявили себя как наиболее активно потребляющие аммонийный азот штаммы *Rhodococcus* sp. ДД, *Bacillus* sp. ДК-18, *Bacillus* sp. ДК-21, *Pseudomonas* sp. ДДК-11, *Pseudomonas* sp. ГПД-7. Именно они послужили основой для создания биопрепарата Деаммон для интенсификации очистки сточных вод от аммонийного азота. Проведена токсиколого-гигиеническая проверка препарата, дано заключение, что он является нетоксичным и непатогенным.

Лабораторные испытания эффективности препарата Деаммон провели на модельной и сточной воде УП «Несвижское ЖКХ». Варианты модельной сточной воды создавали с различным содержанием аммонийного азота (10 – 50 мг/л), соответствующим уровням, проблемным для биологических очистных сооружений (БОС).

В модельном стоке в периодических условиях препарат утилизировал аммонийный азот в концентрации 10 и 30 мг/л за 1 час на 100% и 93% соответственно.

Утилизация аммонийного азота в сточной воде, поступающей на БОС УП «Несвижское ЖКХ», с содержанием NH_4^+ равным 42,0 мг/л при обработке препаратом Деаммон наиболее активно протекала в течение первых 9 часов.

Препарат Деаммон, введенный в сточную воду в концентрации из расчета 0,5 л на 1 кубический метр очищаемого стока, способствовал утилизации аммонийного азота за 3 часа на 51,4, 8 часов на 86,2, а 9 часов – на 91,1 %. Таким образом, за 8 часов использования препарата происходит снижение содержания аммонийного азота в сточной воде до уровня 5,8 мг/л, а за 9 часов – до 3,8 мг/л.

Производственные испытания препарата проведены на биологических очистных сооружениях УП «Несвижское ЖКХ». На испытания предъявлена партия микробного препарата Деаммон (500 л, микробная нагрузка 4×10^9 КОЕ/мл), произведенная в условиях Биотехнологического центра Института микробиологии НАН Беларуси.

Промышленная партия микробного препарата Деаммон внесена дважды по 250 л в аэротенк очистных сооружений УП «Несвижское ЖКХ» из расчета 0,5 л на 1 м³ очищаемого стока.

Контроль очистки сточных вод проводился каждые 7 дней. В качестве нормируемых показателей при контроле параметров очистки сточных вод с помощью препарата Деаммон использованы: ХПК, биологическое потребление кислорода (БПК), концентрация аммонийного, нитратного и нитритного азота. Испытание микробного препарата Деаммон показало, что концентрация аммонийного азота после двукратного внесения препарата на выходе из вторичного отстойника снизилась с 12,4 мг/л до 5,47 мг/л (на 44 %), а содержание нитратного и нитритного азота осталось на прежнем уровне. Измерение количества аммонийного азота в сточной воде на протяжении последующих двух месяцев показало, что эффективность очистки сточных вод от аммонийного азота установилась на постоянном уровне (80-87 %) после второго внесения препарата и сохранялась на протяжении 6 месяцев. В процессе биологической очистки произошло заметное снижение (на 20-40%) интегральных показателей качества очищаемой сточной воды – ХПК и БПК₅.

Проведение гидробиологического анализа активного ила показало, что микробный препарат Деаммон не вызывает вспухания активного ила и оказывает положительное влияние на его биоценоз. Интродуцированные микроорганизмы позволили достичь стабильности в работе системы биологической очистки, увеличить окислительную мощность активного ила и увеличить эффективность работы очистных сооружений в целом, что дает возможность считать целесообразным широкое использование биопрепарата Деаммон для интенсификации очистки сточных вод от аммонийного азота.

Заключение. Выделены и изучены штаммы микроорганизмов, активно потребляющие аммонийный азот. На их основе создан микробный препарат Деаммон для интенсификации очистки коммунально-бытовых и производственных сточных вод.

Производственные испытания препарата показали, что он способствует снижению концентрации аммонийного азота, таким показателям качества воды как ХПК и БПК₅, а также оказывает положительное влияние на биоценоз активного ила.

Список использованных источников

1. Долина, Л.Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов : Монография / Л.Ф. Долина. – Днепропетровск : Континент, 2011. – 198 с.
2. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в поверхностных водах суши потенциометрическим методом с ионселективным электродом: РД 52.24.394-95. – Введ. 17.04.95. – Ростов-на-Дону: Гидрохимич. ин-т, 1995. – 9 с.
3. Вода. Метод определения химического потребления кислорода: ГОСТ Р 52708-2007. – Введ. 01.07.2008. – Москва: Стандартформ, 2007. – 11 с.
4. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПК) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах: ПНД Ф 14.1:2:3.4.123-97. – Введ. 1997. – Москва, 1997. – 18 с.

Kelnik D.I., Petrova G.M., Hlushen A.M.

BIOPREPARATION FOR INTENSIFICATION OF WASTEWATER TREATMENT FROM AMMONIUM NITROGEN

Institute of Microbiology, NAS Belarus (Belarus)

A highly effective microbial preparation was developed to intensify wastewater treatment complicated by a high content of ammonium nitrogen. Its laboratory and industrial tests were carried out. It has been proved that the biopreparation at biological decontamination system of Nesvizh urban run-off has made it possible to reduce the concentration of ammonium nitrogen by 44% and intensify the cleaning of the municipal runoff from ammonium nitrogen at a constant level of efficiency (80 - 87%) over a long period.

Keywords: microorganisms, microbial composition, ammonium nitrogen, wastewater treatment, biological treatment.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АЭРОТЕНКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ АКТИВНОГО ИЛА

В.А. Кирей, Г.Г. Юхневич

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Работа посвящена изучению изменения видового состава активного ила при различных технологических режимах работы аэротенков городских очистных сооружений канализации. Показано, что во всех исследуемых аэротенках среди простейших активного ила доминировали брюхожесничные инфузории рода *Aspidisca* и раковинные амебы рода *Arcella*. Рассчитанные индексы выравненности Пиелу свидетельствуют о «суровых» условиях среды для беспозвоночных в разных по гидродинамическому и аэрационному режиму аэротенках.

Ключевые слова: очистка сточных вод, активный ил, аэротенк, видовое разнообразие.

Введение. В настоящее время обработку сточных вод на очистных сооружениях Республики Беларусь производят в основном по классической технологии, включающей механическую очистку на решетках, в песколовках и первичных отстойниках, биохимическую обработку в аэротенках с последующим вторичным отстаиванием. В ряде случаев предусмотрена доочистка воды различными методами. Основным сооружением, определяющим глубину изъятия из загрязненного стока органических и неорганических загрязнений, является аэротенк.

В зависимости от условий его функционирования (состава стока, рН сточной воды, аэрации, концентрации растворенного кислорода в воде и др.) в аэротенках развивается специфический, характерный только для определенной очистной станции, биоценоз активного ила. Развитие биоценоза происходит последовательно через ряд промежуточных стадий, отличающихся качественным и количественным составом представителей различных групп организмов [1]. На начальном этапе отмечается бурное развитие бактерий, которые извлекают из воды растворенные в ней соединения. Далее появляются в массовом количестве питающиеся бактериями и детритом мелкие бесцветные жгутиковые, мелкие голые и раковинные амебы. На следующем этапе развиваются крупные раковинные амебы, свободноплавающие инфузории. О формировании достаточно прочного хлопка активного ила свидетельствует появление брюхожесничных инфузорий. Наличие в активном иле прикрепленных инфузорий-фильтраторов, а также таких многоклеточных организмов, как коловратки, черви, тихоходки, – признак хорошо сформированного, качественно работающего активного ила, включающего представителей различных трофических уровней, что обеспечивает требуемое качество очистки воды [2].

Для характеристики работы сооружений биологической очистки гидробиологический анализ имеет существенное значение, поскольку определяет состав, количественное распределение и своеобразие организмов активного ила – потребителей поступающих на очистку загрязняющих веществ. Специфические экологические условия аэротенков формируют характерный для данных условий обитания биоценоз ила, облик которого отражает особенности протекающего процесса очистки. Раннее выявление происходящих в процессе очистки изменений осуществимо исключительно при оценке состояния биоценоза функционирующего активного ила, так как состав и численность его населения адекватно отражают экологические условия обитания, а перестройка биоценоза как отклик на воздействие занимает несколько часов. Организмы ила обладают особенностью реагировать на состав и свойства очищаемых сточных вод, а также на условия жизнеобеспечения, зависящие от конструкции и режима эксплуатации сооружений очистки [2].

Материалы и методы исследования. Для исследований отбиралась иловая смесь из 4-х коридоров разных типов аэротенков (2, 4, 6-А) очистных сооружений канализации г. Гродно с интервалом две недели. Аэротенки 2, 4 относятся к сооружениям I–II очереди и составляют единый технологический комплекс. В аэротенке 2 обеспечивается мелкопузырчатая придонная аэрация через дисковые диффузоры. Кроме того, в данном аэротенке выделены

аноксидные зоны (перемешивание мешалками). В аэротенке 4 обеспечивается среднепузырчатая пристенная аэрация через трубчатые диффузоры. Аэротенк 6-А относится к сооружениям III очереди с системой среднепузырчатой аэрации через трубчатые диффузоры, расположенной по всему днищу (плечо аэратора вынесено в центр).

Исследование простейших активного ила проводили микроскопированием «живой» капли под покровным стеклом. При проведении количественного учёта использовали покровное стекло 24x24 мм. Перемещая препарат зигзагообразно, просматривали 2–3 капли, в каждой по 40 полей зрения при увеличении 10x10, подсчитывали все встречающиеся организмы [3].

Для оценки состояния активного ила использовали определение видового состава, количественный учет и оценку физиологического состояния простейших активного ила. В качестве индикаторов состояния активного ила были выбраны следующие группы гидробионтов: саркодовые *Amoeba*, *Arcella*; жгутиконосцы *Peranema*; свободноплавающие инфузории *Litonotus*, *Aspidisca*, *Amphileptus*; прикрепленные инфузории: одиночные *Vorticella* и колониальные формы *Opercularia*, *Epistylis*, *Carchesium*; хищные сосущие инфузории *Tokofrya*; колероватки *Rotaria*; круглые черви *Nematoda*.

Видовое разнообразие, количество особей, а также индекс выравненности Пиелу рассчитывали при помощи программы Past 3.15 [4, 5].

Результаты исследования и их обсуждение.

В городских очистных сооружениях канализации преобладающее количество особей простейших и многоклеточных выявлено в аэротенке 2. Абсолютными доминантами биоценоза активного ила всех исследуемых аэротенков были брюхоресничные инфузории рода *Aspidisca*, которые являются распространенными представителями активного ила всех уровней нагрузки. В значительном количестве были представлены раковинные амебы рода *Arcella*. Увеличение численности бентосных корненожек связано с увеличением нагрузки на активный ил по легкоокисляемой органике, что приводит к увеличению биомассы бактерий, которыми питаются амебы, и улучшению диффузного питания раковинных амеб растворенной легкоокисляемой органикой. Также наблюдалось большое количество кругоресничные инфузории рода *Vorticella*, которые встречаются в широком диапазоне органических нагрузок и отличаются высокой пластичностью приспособления к условиям среды.

В аэротенке 6-А в отдельные периоды наблюдалось большое количество кругоресничных инфузории рода *Opercularia* (до 50 ед./50 мкл). Массовое развитие данных простейших наблюдается в том случае, когда активный ил не справляется с поступающим загрязнением, что приводит к возникновению нитчатого вспухания активного ила. Однако в последующих пробах численность инфузории данного рода снизилась, что говорит о подавлении процесса вспухания ила.

Редко встречающимися простейшие во всех аэротенках были кругоресничные инфузории рода *Carchesium*, хищные сосущие инфузории рода *Tokophria* (в аэротенке 4 обнаружены не были), а также колероватки рода *Rotaria*, что говорит о снижении процесса нитрификации.

Общепринятым показателем видового разнообразия сообществ является индекс выравненности Пиелу. При качественной характеристике биоценозов активного ила исходили из того, что чем ближе к экстремальным условия существования, тем меньше степень выравненности доли видов в сообществе. На основании индекса выравненности можно дать количественную оценку благоприятности среды, используя следующую градацию: 1-0,9 – условия оптимальные; 0,89-0,7 – мягкие; 0,69-0,5 – умеренные; 0,49-0,3 – суровые; 0,29-0,1 – близкие к экстремальным; 0,09-0,0 – экстремальные [6].

Рассчитанный индекс выравненности Пиелу зооценозов всех исследуемых аэротенков городских очистных сооружений канализации свидетельствует о «суровых» условиях среды для данной группы микроорганизмов. В таком активном иле снижено видовое разнообразие, наблюдается дисбаланс между таксонами, что является показателями низкого качества

очистки сточных вод. Только в одной пробе из аэротенков 2 и 6-А индексы выравненности Пиелу составляли $E= 0,617$ и $E= 0,674$, что соответствует умеренным условиям среды (таблица).

Таблица – Изменение показателей видового разнообразия активного ила аэротенков очистных сооружений канализации

Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8
2 аэротенк								
Видовое разнообразие	11	11	10	9	8	10	9	9
Количество особей	157	153	152	142	134	88	86	78
Индекс выравненности Пиелу	0,324	0,352	0,371	0,350	0,337	0,436	0,450	0,410
4 аэротенк								
Видовое разнообразие	10	10	10	9	9	8	9	9
Количество особей	70	141	146	149	88	81	82	80
Индекс выравненности Пиелу	0,617	0,325	0,337	0,367	0,451	0,496	0,438	0,422
6-А аэротенк								
Видовое разнообразие	6	10	10	9	10	11	8	9
Количество особей	125	144	142	143	141	97	71	79
Индекс выравненности Пиелу	0,674	0,339	0,327	0,346	0,303	0,453	0,379	0,399

Заключение. В результате исследования было установлено, что технологическим режим аэротенков городских очистных сооружений канализации существенно не влияет на численность и видовой состав зооценоза активного ила в случае формирования единого возвратного активного ила и короткого времени пребывания активного ила в конкретных гидродинамических и аэрационных условиях.

Список использованных источников

1. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Методы санитарно-биологического контроля. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками: ПНД Ф СБ 14.1.77-96. – Введ. 03.03.96. – М.: ООО «Акварос», 1996. – 60 с.
3. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила. ПНД Ф СБ 14.1.92-96. – М., 1996.
4. Баканов, А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник науч. трудов, посвящ. памяти А.И. Баканова) / отв. ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберг. – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – С. 37–67.
5. География и мониторинг биоразнообразия / колл. авторов; редкол.: Н.С. Касимов [и др.]. – М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. – 432 с.
6. Иванов, Д.Л. Оценка трансформации приречных биотопов за исторический период по данным изучения видового разнообразия микромаммалий // Вестник БГУ. – Сер.2. – 2010. – № 3. – С. 82-89.

Kirej V.A, Yukhnevich G.G.

THE INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL REGIME OF THE AEROTANKS OF SEWAGE TREATMENT FACILITIES ON THE SPECIES COMPOSITION OF ACTIVE SLUDGE

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

This study focuses on changes in species composition of activated sludge under various technological modes of operation of the aerotanks of municipal wastewater treatment plants sewers. It is shown that in all studied among the simplest aerotanks of the active sludge was dominated by ciliates prohorenya kind *Aspidisca* and testate amoebae of the genus *Arcella*. The calculated uniformity index Pielou indicate a "severe" environmental conditions for invertebrates in the different hydrodynamic and aerazione regime aeration.

Keywords: wastewater treatment, active sludge, aeration, species diversity.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНОЙ ПОДОГРЕТОЙ ВОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АКВАКУЛЬТУРЫ В БЕЛАРУСИ

В.Ф. Кулеш, В.В. Маврищев

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Минск

Показаны перспективы использования низкопотенциального сбросного тепла Березовской ГРЭС для культивирования рыб и хозяйственно-ценных ракообразных: пресноводных креветок и речных раков.

Ключевые слова: теплая сбросная вода, растительные рыбы, каналный сом, пресноводные креветки, речные раки.

Ресурсы сельскохозяйственного производства на суше во многом уже исчерпали свои резервы, не наблюдается в последнее десятилетие и роста производства морепродуктов. В этой связи самое пристальное внимание обращается на всестороннее рациональное использование внутренних водоемов. Традиционная аквакультура рыбы и нерыбных объектов наиболее эффективна для южных регионов, где она интенсивно развивалась в последние годы. Ее интенсификация лимитируется здесь нехваткой земельных площадей и дефицитом воды. В сложившихся условиях большие потенциальные возможности заключаются в использовании сбросной подогретой воды энергетических объектов [1, 2].

Воздействие энергетических объектов, в том числе и ядерной энергетики, как и электростанций других типов, на окружающую среду имеет много аспектов. Один из них связан с необходимостью использования большого количества воды для охлаждения конденсаторов. Для этого организуются специальные водоемы – либо видоизмененные естественные водоемы, либо искусственно созданные водохранилища различного типа. В эти же водоемы, как правило, осуществляется и сброс подогретых вод из систем охлаждения. Специальные водоемы, приспособленные для охлаждения сбросных вод, получили название «водоемы-охладители» [3]. Производство электроэнергии на ТЭС и АЭС неизбежно связано с выбросом в окружающую среду значительного количества тепла, за счет которого и происходит повышение температуры в водоемах. Так, для водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС среднесуточное дополнительное тепло достигает 43 550, а для озера Белого (водоем-охладитель Березовской ГРЭС) – 15 200 Гкал в год [4]. В этой связи повышение коэффициента полезного действия сбросного подогретого тепла является важнейшей экономической задачей.

Многолетние наблюдения показали, что водоемы-охладители при всем своеобразии экосистем отнюдь не представляют собой мертвые водоемы. Принципиальным отличием водоемов-охладителей от естественных водоемов, является то, что экологические условия, складывающиеся в водоемах-охладителях, определяются не только природными факторами, но и режимом работы электростанции. Существуют определенные механизмы адаптаций, позволяющие экосистемам в условиях значительного антропогенного пресса функционировать, поддерживая определенный уровень устойчивости [1], что дает основание оценивать эти экосистемы как вполне пригодные для развития и интенсификации тепловодной аквакультуры.

Использование теплых сбросных вод для выращивания рыбы и нерыбных объектов имеет множество преимуществ по сравнению с традиционными методами аквакультуры: позволяет оптимизировать температурный режим, снижает воздействие неблагоприятных факторов, сокращает безвозмездные потери энергии и что самое важное удлиняется период интенсивного роста гидробионтов в условиях умеренной географической зоны.

В водоемах-охладителях появляется возможность разведения и выращивания хозяйственно-ценных тропического и субтропических видов рыб и беспозвоночных. Во-вторых, одним из методов увеличения продуктивности этих водоемов является целевая реконструкция

их фауны путем акклиматизации новых теплолюбивых видов. Так интродукция в водоем-охладитель Лукомльской ГРЭС теплолюбивых растительноядных рыб амурского комплекса в начале 80-х годов пестрого толстолобика (*Hypophthalmichthys nobilis*) и белого амура (*Stenopharyngodon idella*) позволила повысить продуктивность ежегодных промысловых уловов на 3,4%. Кроме этого поедая фитопланктон пестрый толстолобик может оказывать положительное влияние на данные техногенные экосистемы [5].

Такая же ситуация характерна и для водоема-охладителя (озеро Белое) Березовской ГРЭС. С началом использования озера Белое как водоема-охладителя суммарное количество тепла (сумма эффективных температур) стало соответствовать V зоне рыбоводства [6], что дало возможность организовать тепловодное рыбное хозяйство по выращиванию растительноядных рыб амурского комплекса. Более того в инкубационном цехе икру растительноядных рыб успешно инкубируют на сбросной подогретой воде, получая молодь для дальнейшего расселения ее по рыбным хозяйствам. Растительноядных рыб выращивают также в прудовой монокультуре, поликультуре и в садках, расположенных непосредственно на теплом сбросном канале Березовской ГРЭС.

Для обогащения кормовой базы водоема-охладителя Березовской ГРЭС почти одновременно в данную экосистему были вселены 2 теплолюбивых вида: американский канальный сом (*Ictalurus punctatus*) в 1979 году и восточная речная креветка (*Macrobrachium nipponense*) в 1982 году [6, 7]. Создалась уникальная ситуация, когда одновременно в одну тепловодную экосистему были вселены ценная промысловая рыба и ее пищевой ресурсный объект.

Канальный сом в водоеме-охладителе создал устойчивую популяцию с высоким темпом роста, численность которой зависит от наличия доступной кормовой базы, благоприятных условий для воспроизводства. Наряду с мелкой сорной рыбой восточная речная креветка является предпочитаемым видом корма для канального сома. В свою очередь акклиматизация и последующая натурализация субтропических креветок существенно повысила продуктивность и позволила на 25 % увеличить суммарный поток энергии в экосистеме водоема-охладителя [8].

С целью утилизации сбросного тепла Березовской ГРЭС СП ИООО «Ясельда» был реализован проект по выращиванию африканского клариевого сома (*Clarius gariepinus*) в установках замкнутого водоснабжения, а также в рыбоводных садках, установленных непосредственно на теплом отводящем канале. В конце 2011 г. товарная продукция составила 20 тонн. За 210 суток культивирования от средней массы 1 г сом достигает товарной массы до 1,5 кг [6].

Наши многолетние исследования показали, что наряду с рыбной продукцией на сбросной подогретой воде с успехом можно культивировать хозяйственно-ценные виды ракообразных – пресноводных креветок и речных раков. Прежде всего, это гигантская тропическая креветка (*Macrobrachium rosenbergii*) – вид, занимающий лидирующее положение в мировой аквакультуре пресноводных креветок. В условиях водоема-охладителя тропическую гигантскую пресноводную креветку можно культивировать при осуществлении «стратегии прерывистой посадки» [7], предусматривающей получение личинок в искусственных условиях с дальнейшим подращиванием «посадочного материала» на сбросной подогретой воде до массы 0,5-1,0 г. Товарное выращивание гигантской пресноводной креветки производится на сбросной воде в течение одного вегетационного периода в лотках, бетонных бассейнах, заполняемых теплой сбросной водой, земляных тепловодных прудах или садках, установленных в акватории теплового сбросного канала теплоэлектростанции. При таких условиях креветки достигают за вегетационный период (конец мая – начало октября) товарной массы в среднем 20-25г. Лучшие результаты дает товарное выращивание посадочного материала в земляных прудах при начальной плотности посадки не превышающей 20 экз./м². Этот вид можно выращивать как в монокультуре, так и поликультуре с нехищными видами рыб.

Товарную продукцию восточной речной креветки можно с успехом получать в земляных тепловодных прудах в поликультуре с прудовыми видами рыб: карпом, белым и пестрым

толстолобиками, белым амуром в течение одного вегетационного сезона (ай-сентябрь). В отличие от гигантской пресноводной креветки не требуется дополнительное выращивание посадочного материала. При наполнении земляных прудов водой из теплого сбросного канала в пруды попадают личинки и молодь креветок. Кроме этого рекомендуется также в начале вегетационного сезона отловить из теплого сбросного канала яйценосных самок *M. nipponense* и разместить их в рыбоводных прудах, что обеспечит большую численность креветок на единицу прудовой площади.

Одним из перспективных направлений является использование сбросной подогретой воды для получения личинок речных раков – широкопалого (*Astacus astacus*) и длиннопалого (*A. leptodactylus*) в условиях инкубационного цеха. Тепловодное инкубирование личинок и получение жизнестойкого посадочного материала на естественной кормовой базе при температуре 23-27°C более эффективно, чем при использовании артезианской воды с искусственной подкормкой [7].

Для выращивания посадочного материала (сеголетка) речных раков, который в дальнейшем используется для вселения в ракопромысловые водоемы или товарного выращивания целесообразно проводить в земляных прудах на сбросной подогретой воде в монокультуре или поликультуре с карпом и растительноядными видами рыб. При этом урожай и выживаемость сеголетка в прудовой поликультуре напрямую зависит от состава и численности выращиваемых рыб.

Таким образом, использование теплой сбросной воды дает реальную возможность повысить товарную продукцию хозяйственно-ценных видов рыб, повышает эффективность аквакультуры пресноводных креветок и речных раков за счет большей реализации в данных условиях их биопродукционного потенциала. При этом увеличивается коэффициент полезного действия низкопотенциального сбросного тепла.

Список использованных источников

1. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины / А.А. Протасов [и др.]. – Киев: Институт гидробиологии АН Укр. ССР, 1991.– 192с.
2. Протасов, А.А. К определению воздействия тепловых и атомных электростанций на гидрэкосистемы с помощью экспертных оценок / А.А. Протасов, Б. Здановски // Гидробиол. ж. – 2002.–Т.38, №1.– С. 95–105.
3. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / А.А. Протасов [и др.]. – Киев: Ин-т гидробиологии НАН Украины, 2011. – 234с.
4. Коваленко, Э.В. Водные ресурсы как возобновляемый источник низкопотенциальной тепловой энергии / Э. В. Коваленко // Природные ресурсы. – 1998.– № 1.– С.27–33.
5. Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / П.А. Митрахович [и др.]. – Минск: Право и экономика, 2008.– 144с.
6. Шумак, В.В. Методы повышения эффективности использования водоемов комплексного назначения / В.В. Шумак. – Минск: Моканта, 2014.– 366с.
7. Кулеш, В.Ф. Биология культивирования промысловых видов пресноводных креветок и речных раков на теплых водах / В.Ф. Кулеш. – Москва: Новое знание, 2012.– 328 с.
8. Хмелева, Н.Н. Экология пресноводных креветок / Н.Н. Хмелева, В.Ф.Кулеш [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 1997.– 256с.

Kulesh V.F., Mavrishev V.V.

USE WASTE HEATED WATER OF THE ENERGY OBJECTS TO INCREASE AQUACULTURAL PRODUCTIVITY IN BELARUS

Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank (Belarus)

The prospects of using the low-potential waste heat of the Berezovskaya SDPS for cultivation of fish and economically valuable crustaceans: freshwater shrimps and crayfish are shown.

Keywords: warm waste water, herbivorous fish, canal catfish, freshwater shrimps, crayfish.

БИОМОНИТОРИНГ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ РЕКИ ДЁМА (БАШКОРТОСТАН)

Н.Г. Курамшина¹, Л.Н. Лосева², М.Б. Ребезов³, И.О. Туктарова¹, Ф.М. Латыпова¹

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет
(Институт экономики и сервиса), Уфа

²Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

³Институт повышения квалификации работников АПК, Москва

Проведено сравнение биоаккумуляции тяжёлых металлов в чешуе хищных рыб методом рентгенофлуоресцентного анализа. Из изученных химических элементов доминируют Ti, Zr. Выявлены отличия в содержании химических элементов у рыб на различных, по антропогенному влиянию, участках реки Дёма.

Ключевые слова: тяжелые металлы, биоиндикация, чешуя рыб, биомониторинг, рентгенофлуоресцентный анализ.

Введение. Рыбы способны накапливать тяжелые металлы. При этом количество металлов в тканях рыб зависит от степени их воздействия и продолжительности, а также от метаболизма. Распределение этих элементов, в рыбе и у других животных, зависит от функционального состояния организма, геохимии среды обитания, характера пищевых цепей, объединяющих в единую систему миграции элементы растительного и животного мира конкретных регионов [1-5]. Информация о содержании микро- и макроэлементов в рыбе может быть использована для оценки экологического состояния водоёма [6,7]. Поэтому определение особенностей накопления и распределения химических элементов в организме рыб вызывает интерес с точки зрения оценки степени загрязнения водоема этими элементами, а также при изучении их миграции в экосистеме [8].

Цель исследований – определение и сравнение мало изученного перечня химических элементов – Ag, Ti, Sn, In, Zr, Sb в чешуе хищных рыб (щуки и окуня) р. Дема методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Материалы и методы. Исследовалась чешуя хищных рыб (семейства рыб окуневые – окунь (*Perca fluviatilis*), щуковые – щука (*Esox lucius*) выловленной в четырех пунктах русла реки на участках среднего течений и устья в пределах трёх административных районов Республики Башкортостан – Давлекановского, Чишминского и Уфимского. Чешую отбирали сразу после отлова, высушивали, измельчали и прессовали.

Анализ по химическим элементам проводили в лаборатории кафедры «Лазерной физики и спектроскопии» Гродненского государственного университета им. Янки Купалы (Беларусь) с использованием рентгенофлуоресцентного анализатора «ElvsX SEP-01» с программным обеспечением. Измерения выполнялись по методике МВИ.МН 3272-2009 в лабораторных помещениях согласно условиям ГОСТ 22261-82 на содержание химических элементов (Ag, In, Sb, Sn, Ti, Zr).

Результаты исследований и их обсуждение. Современный тип эколого-экономического развития республики Башкортостан можно определить как техногенный, базирующийся на производствах, созданных без учета экологических ограничений.

Качество вод на реках - сформировалось под влиянием гидрохимического состава подземных вод, сточных вод, поверхностного стока с сельскохозяйственных земель, территорий населенных пунктов. Экологическое состояние территории может быть оценено путем изучения качества воды ее малых рек. Водные экосистемы территорий, как звено миграции химических элементов природного и антропогенного воздействия, проявляющееся в возрастании притока тяжелых металлов и биогенных элементов.

Хищные рыбы представляют последнее звено трофических цепей водоема и накапливают тяжелые металлы, содержащиеся в абиотических (грунт, вода) и биотических (фито-, зоопланктон, фито-, зообентос и др.) составляющих экосистемы.

Содержание исследуемых химических элементов в чешуе хищных рыб р. Дема Республики Башкортостан представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов - Ag, In, Sb, Sn, Ti, Zr (мкг/г) в чешуе хищных рыб реки Дема Республики Башкортостан

Место вылова рыбы	выше г. Давлеканово	ниже г. Давлеканово	ниже п. Чишмы	2 км от устья (в черте г. Уфы)
Вид рыбы	Perca fluviatilis	Perca fluviatilis	Esox lucius	Esox lucius
Ag	1,62±0,32	2,03±0,36	0,62±0,22	-
In	0,30±0,06	0,11±0,04	0,36±0,07	0,66±0,09
Sb	0,46±0,11	0,99±0,17	1,45±0,22	1,07±0,18
Sn	1,18±0,25	2,98±0,40	3,59±0,48	2,09±0,353
Sr	221,04±2,76	208,65±2,68	106,97±2,11	81,73±1,79
Ti	6,66±2,32	6,67±2,33	10,13±3,14	5,58±2,26
Zr	8,07±0,53	7,58±0,51	3,90±0,40	2,97±0,34

Заключение. Исследование чешуи рыб в р. Дема на данные химические элементы показало, что наибольшее содержание во всех пунктах вылова рыбы имеют Sr, Zr, Ti. В целом анализ тяжёлых металлов позволил их ранжировать следующим образом Sr > Zr > Ti > Ag > Sn > Sb > In в соотношении:

- выше г. Давлеканово 144 : 18 : 5 : 2 : 1;
- ниже г. Давлеканово 176 : 29 : 9 : 2 : 1;
- ниже п. Чишмы 318 : 71 : 11 : 2 : 1;
- 2 км от устья 354 : 74 : 20 : 6 : 1.

Из тяжелых металлов в чешуе представлены: Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, V, W, Zn. У окуня и щуки доминируют основные биогенные металлы: цинк (16,443-30,139 мкг/г), молибден (0,341-16,139 мкг/г), железо (5,615-11,666 мкг/г), марганец (2,759-12,184 мкг/г). Концентрация Zn и Fe значительно превышает другие металлы, они больше всего отмечаются в чешуе, что подтверждает высокое содержание этих веществ в воде р. Дема (4,5,8). Известно, что цинк концентрируется преимущественно в чешуе, контактирующей со средой [1].

Нами выявлены значительные различия между способностью чешуи и мышечной тканью щуки аккумулировать микроэлементы. Ранее нами было изучено содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Mn) в мышечной ткани щуки р. Дема [9]. Было установлено, что в чешуе содержание цинка, меди и никеля больше в 1,5; 4 и 10 раз соответственно, чем в мышцах, (р. Дема ниже промышленного п. Чишмы). В устье реки уровень никеля в чешуе щуки составил 0,45 мкг/г, что в 4 раза больше, чем в мышцах.

Следует отметить, что в чешуе окуня наблюдается расхождение в содержании некоторых элементов. Ниже г. Давлеканово у рыб почти в 2 раза больше кадмия, железа, сурьмы, олова и ванадия. Так, содержание Cd составило 0,731 мкг/г, Fe – 9,503 мкг/г, Sb – 0,995 мкг/г, Sn – 2,989 мкг/г и V – 0,898 мкг/г.

В изученном химическом составе чешуи щуки также наблюдаются отличия. В устье реки хлора, хрома, железа, индия, калия, марганца и цинка значительно больше. Содержание Cl

составило 1637,240 мкг/г, Cr – 1,538 мкг/г, Fe – 11,666 мкг/г, In – 0,665 мкг/г, K – 453,630 мкг/г, Mn – 12,184 мкг/г и Zn – 30,139 мкг/г.

Заключение:

- определено содержание химических элементов в чешуе хищных рыб реки Дёма на территории Республики Башкортостан;

- показано, что наибольшее содержание во всех пунктах вылова рыбы имеют Ca, Cl, K, S, Sr, которые можно ранжировать следующим образом $Ca > S > Cl > K > Sr$. Из тяжелых металлов доминируют Fe, Mn, Sn, Zn;

- установлено, что в чешуе рыб содержание цинка, меди и никеля больше в 1,5; 4 и 10 раз соответственно, чем в мышцах;

- в биомониторинге, за состоянием водных экосистем по тяжёлым металлам, целесообразно использовать чешую рыб.

Список используемых источников

1. Вундцеттель М.Ф. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях рыб реки Яхрома /М.Ф. Вундцеттель, Н.В. Кузнецова //Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство – 2013 - № 2. – С. 155-158.
2. Миллер И.С. Особенности накопления и корреляции тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища /И.С. Миллер, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Фундаментальные исследования, 2014. - №9. – С. 2469-2473.
3. Костицина Н.В. К микроэлементному составу европейского хариуса *Thymallus thymallus* (Linnaeus, 1758) р. Косьва (Бассейн средней Камы) / Н.В. Костицина, С.А. Мадрица // Вестник ТГУ. – Т. 18. – вып. 6. – 2013. – С. 3019-3022.
4. Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации / П.А. Попов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2002. – 267 с.
5. Попов П.А., Андросова Н.В. Индикация экологического состояния водных объектов Сибири по содержанию тяжелых металлов в рыбах / П.А. Попов, Н.В. Андросова //Научный журнал «География и природные ресурсы». – 2008. - №3. – С. 36-41.
6. Курамшина Н.Г. Геохимическое, эколого-социальное состояние основных техногенных зон Башкортостана / Н.Г. Курамшина, У.Б. Имашев. Монография – Уфа: АНРБ, Гилем, 2013. – 236с.
7. Курамшина Н.Г. Оценка экобезопасности донных отложений по тяжёлым металлам (Zn, Cu, Ni, Mn) малых рек республики Башкортостан / Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова, Г.И. Сафина // Безопасность жизнедеятельности, М. 2014, №1, С. 15-18.
8. Safina G.I. Geochemical characteristics of environmental state of surface water small rivers republic of bashkortostan (r. Dema) / G.I. Safina, N.G. Kuramshina, T.I. Nikolaeva, E. Kuramshin // Sien. «Problem of biogeochemistry and geochemistry». Semei (Kazakhstan). - 2012. №1 (18). – P.70-77.
9. Сафина Г.И., Курамшина Н.Г., Нуртдинова Э.Э. Поступление цинка, меди, никеля, марганца в хищную рыбу (Республика Башкортостан) /Г.И. Сафина, Н.Г. Курамшина, Э.Э. Нуртдинова // Экологическая безопасность и культура – требование современности: Сб. науч. тр. Всероссийской с международным участием НПК, посвященной 20-летию кафедры «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» УГУЭС 10 октября 2014. – Уфа, УГУЭС. 2014. – С. 92-96.

Kuramshina N.G.¹, Loseva L.N.², Rebezov M.B.³, Tuktarova I.O.¹, Latypova F.M.¹
BIOMONITORING OF HEAVY METALS RIVER DEMA (BASHKORTOSTAN)

¹Ufimsky State Petroleum Technical University (Institute of Economics and Service) (Russia)

²Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

³Institute for Advanced Training of Agribusiness Workers (Russia)

A comparison of the bioaccumulation of heavy metals in the scales of carnivorous fishes was carried out using X-ray fluorescence analysis. The studied chemical elements are dominated by Ti, Zr. Differences in the content of chemical elements in fish at various sites of the Dema river, as determined by the anthropogenic influence, are revealed.

Keywords: heavy metals, bioindication, fish scales, biomonitoring, X-ray fluorescence analysis.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ КАЛАНОИДНОЙ КОПЕПОДЫ *EURYTEMORA VELOX* (LILLJEBORG, 1853) В РЕКЕ МУХАВЕЦ

А.Г. Литвинова, В.В. Вежновец
НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, Минск

Установлена частота встречаемости и численность чужеродной копеподы *Eurytemora velox* на разных створах р. Мухавец в г. Бресте и Брестском районе.

Ключевые слова: каланоидная копепода, биотоп, плотность, стадия развития.

Чужеродный вид *Eurytemora velox* распространился из солоноватых прибрежных вод понто-каспийского региона во внутренние пресные водоемы в прошлом веке и к настоящему времени широко представлен в пресных водах Европы, от Британских островов до водоемов Поволжья [1-3]. В Беларуси рачок заселил водоемы и водотоки южных районов в бассейнах рек Днепр и Буг [4,5]. Встречаемость и показатели численности его значительно варьируют в приобретенном ареале и, вероятно, зависят не только от условий обитания, но и от времени заселения. Указанные показатели отличаются в реках, принадлежащих к бассейну Черного или Балтийского морей, что может определяться временем колонизации. Река Мухавец является западным участком центрального инвазивного коридора, соединяющего водотоки Балтийского и Черного морей, поэтому показатели развития популяций вида из этого региона в сравнительном плане могут быть использованы для объяснения путей проникновения и сроков натурализации этого вида.

Целью работы было установление местообитаний и показателей численного развития в реке Мухавец, принадлежащей к бассейну Западного Буга. Пробы были отобраны в августе 2007, 2012 и 2013 гг. на 7 створах реки таким образом, что исследованы и основное русло, и придаточные водоемы. Отбор проб производилось фильтрацией 50л воды через сеть Апштейна с диаметром ячеи 45 мкм из различных биотопов. При камеральной обработке в счетной камере Богорова вели учет всех 12 стадий развития рачка.

В результате наших исследований было установлено обитание *E. velox* в основном русле и придаточных водоемах реки Мухавец на следующих участках: основное русло в районе порта г. Брест и в д. Бульково, а также придаточные водоемы реки в районе г. Бреста (затон в порту, водохранилище на Гребном канале, озеро Большая Соя и карьер Красный двор) и его окрестностей (озеро на месте песчаного карьера на р. Мухавец, д. Бульково). Таким образом, *E. velox* была обнаружена нами в устье реки Мухавец в черте г. Бреста и Брестском районе. Участок реки, расположенный восточнее и севернее, то есть в Пружанском и Кобринском районах, нами не обследовался.

В таблице 1 приводятся данные по абсолютной численности *E. velox* для створов ее обнаружения, с учетом науплиальных и копеподитных стадий развития рачка.

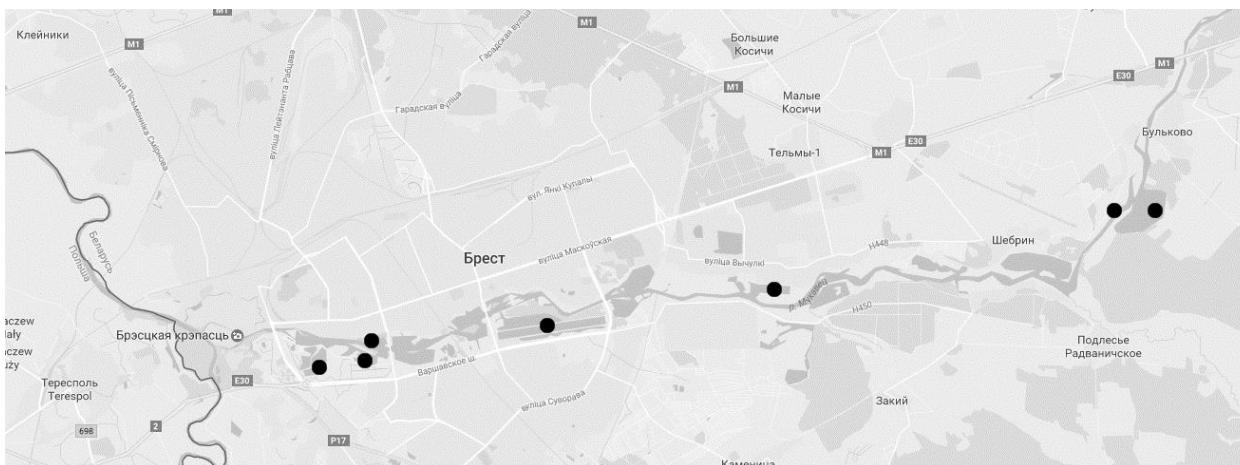


Рисунок 1 – Участок реки Мухавец с отмеченными створами фиксации *Eurytemora velox*

Таблица 1 – Плотность популяций (экз./м³) *E. velox* на исследованных створах

Створ	2007 г.	2012 г.	2013 г.
р. Мухавец, порт, основное русло г. Брест	В. 400 С. 1200	А. 1340 В. 420	А. 2900 В. 2700
р. Мухавец, затон в порту г. Брест	–	–	А. 3600 В. 3960
Гребной канал, г. Брест	–	–	В. 2640
р. Мухавец, основное русло, д. Бульково	А. 400 В. 3666	А. 720 В. 660	–
Карьер Бульково, д. Бульково	А. 540	D. 500	A. 1120
	В. 430		В. 880
	D. 80		E. 191
	E. 29		
Среднее	797	728	2249

Примечания:

- 1) А – чистое побережье, В – заросшее побережье, С – на течении, D – пелагиаль с поверхности, E – пелагиаль 0-5 м
- 2) Знак дефиса указывает, что пробы на створе не отбирались

Из представленных в таблице данных следует, что популяции эуритеморы в р. Мухавец и ее придаточных водоемах представлены стабильно, плотность изменялась на различных створах от 29 экз./м³ (карьер Бульково, пелагиаль) до 3960 экз./м³ (затон в порту, г. Брест). Наблюдается также значительное изменение плотности популяции по годам и в зависимости от выбранного биотопа. Так, в основном русле Мухавца в районе порта, г. Брест, плотность популяции в заросшем побережье колебалась от 400 экз./м³ (2007 г.) до 2700 экз./м³ (2013 г.), там же в 2012 г. она составляла 1340 экз./м³ в незаросшем и 420 экз./м³ – в травянистом побережье. В карьере Бульково по материалам 2007 г. плотность популяции в чистой литорали составила 540 экз./м³, а у поверхности пелагиали – 20-80 экз./м³.

Средняя величина численности оказалась наибольшей по результатам исследований 2013 г., составив 2249 экз./м³. Вероятно, это объясняется вкладом высоких показателей

численности в придаточных водоемах – затоне в районе порта и Гребном канале. В 2007 и 2012 гг. средняя численность вида в водоемах имела приблизительно одинаковые величины.

Установленная плотность *E. velox* в Мухавце, относящемся к бассейну р. Западный Буг, оказалась более высокой в сравнении с таковой для водоемов бассейна р. Днепр: Припяти и Сожа [6]. Так, на многих створах р. Припять по результатам 2007 г. отмечалась плотность 20 экз./м³ (г. п. Микашевичи, г. Петриков, д. Костюковичи, г. Мозырь и г. Наровля). На исследованных участках р. Сож численность колебалась в диапазоне 20-240 экз./м³, в окрестностях г. Гомеля вид отмечался только в качественных сборах ($N \leq 20$ экз./м³).

Исходя из полученных материалов можно сделать вывод, что чужеродная каланоидная копепода *Eurytemora velox* встречается в реке Мухавец, бассейн р. Западный Буг, с высокой частотой и стабильными показателями численности.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ проект Б17М-033 «Распространение и основные характеристики среды обитания чужеродных видов зоопланктона в водоемах Беларуси»

Список использованных источников

1. Боруцкий, Е.В. Определитель Calanoida пресных вод СССР / Е.В. Боруцкий, Л.А. Степанова, М.С. Кос. – Л.: Наука, 1991. – 504 с.
2. Patterns of composition and species richness of crustaceans and aquatic insects along environmental gradients in Mediterranean water bodies / D. Boix [et al.] // Hydrobiologia. – 2008. – № 597. – P. 53–69.
3. Gaviria, S. Morphological characterization of new populations of the copepod *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853) (Calanoida, Temoridae) found in Austria and Hungary / S. Gaviria, L. Forró // Hydrobiologia. – 2000. – № 438. – P. 205–216.
4. Past, current, and future of the central European corridor for aquatic invasions in Belarus / A.Y. Karatayev [et al.] // Biol Invasions. – 2008. – № 10. – P. 215–232.
5. Радзимовський, Д.О. Планктон річки Прип'ять / Д.О. Радзимовський, В.В. Поліщук. – Київ : Наукова думка, 1970. – 211 с.
6. Литвинова, А.Г. Плотность популяций чужеродной каланоидной копеподы *Eurytemora velox* в водоемах Беларуси / А.Г. Литвинова // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных : сб. материалов IV междунар. конф., Томск, 26-28 октября 2016 г. / Томский гос. ун-т; редкол.: В.Н. Романенко [и др.]. – Томск, 2015. – С.87–91

Litvinova A. G., Vezhnavev V. V.

DISTRIBUTION AND DENSITY OF CALANOID COPEPODA *EURYTEMORA VELOX* (LILLJEBORG, 1853) IN THE MUKHAVETS RIVER

The Scientific and Practical Center for bioresources of the National Academy of Sciences of Belarus (Belarus)

The frequency of occurrence and the number of the alien copepoda *Eurytemora velox* was determined at various sites of the river Mukhavets in Brest and Brest region.

Keywords: calanoid copepoda, biotope, density, stage of development.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И УСЛОВИЙ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ КЛИНОПТИЛОЛИТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НА ЕГО ОСНОВЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ

В.А. Ломоносов¹, А.Р. Цыганов², А.С. Панасюгин³, Н.П. Машерова⁴, С.В. Григорьев³

¹ Белорусский государственный университет, Минск

² Белорусский государственный технологический университет, Минск

³ Белорусский национальный технический университет, Минск

⁴ Военная академия Республики Беларусь, Минск

Определены минеральный и элементный состав, изучены особенности микроструктуры природного клиноптилолита и модифицированного путем высокоэнергетического измельчения. Показано, что для модифицированного клиноптилолита возрастают обменная емкость на 22,3 % по отношению к ионам Li⁺, Na⁺, K⁺, Cs⁺ и скорость ионного обмена.

Ключевые слова: клиноптилолит, обменная емкость, механохимическая активация, высокоэнергетическое измельчение.

Для очистки вод используется ряд различных методов, которые, как правило, применяются комплексно и поэтапно. Это значительно увеличивает производственные затраты и требует поиска более дешевых и эффективных сорбционных материалов. В связи с этим, интерес представляют природные неорганические сорбенты, которые селективны к широкому ряду элементов, обладают механической, химической и радиационной устойчивостью. Клиноптилолит является одним из представителей данного класса сорбционных материалов. Способность клиноптилолита в ионообменных процессах сорбировать ионы с успехом используется для выделения радиоактивных изотопов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs из жидких отходов на АЭС. Его также применяют для удаления катионов NH₄⁺ из промывных и сточных вод, для сорбции из промышленных сбросов соединений, содержащих амины, ионы тяжелых металлов (Fe³⁺, Cr³⁺, Cu²⁺, Ni²⁺, Co²⁺, Zn²⁺ и др.), а также в качестве матрицы для концентрирования и временного хранения радиоактивных веществ [1-4]. Несмотря на такое многообразие применения клиноптилолита, он имеет недостатки, к которым относятся недостаточные механическая стойкость и селективность при работе с разбавленными растворами радиоизотопов. Данные обстоятельства создают определенные ограничения для его использования в сорбционных процессах.

В связи с вышеизложенным, целью представленной работы явилось изучение структурных особенностей клиноптилолита, возможностей его механохимического модифицирования для разработки на его основе высокоселективных сорбционных материалов.

В качестве исходного сорбционного материала был выбран природный клиноптилолит Сокирницкого месторождения (Украина).

С целью модифицирования исходного материала была проведена его механохимическая активация путем высокоэнергетического измельчения в планетарно-шаровой мельнице Retsch РМ-400. Изменение морфологических особенностей исходного и модифицированного клиноптилолита исследовали методами рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии, ионообменные характеристики определялись статическим методом: взвешенные количества образцов помещали в определенные объемы растворов солей и через заданные промежутки времени в фильтрате фиксировали оставшееся количество ионов атомно-абсорбционным методом.

По результатам рентгенофазового анализа исходный образец представляет собой кристаллический минерал, в котором наряду с основной фазой идентифицировались примесные включения, такие как кварц, и в меньших объемах гематит, монтмориллонит и морденит. Проведенный рентгеноспектральный микроанализ участков исходного

клиноптилолита (рисунок 1) показал наличие целого ряда элементов, которые показаны в таблице.

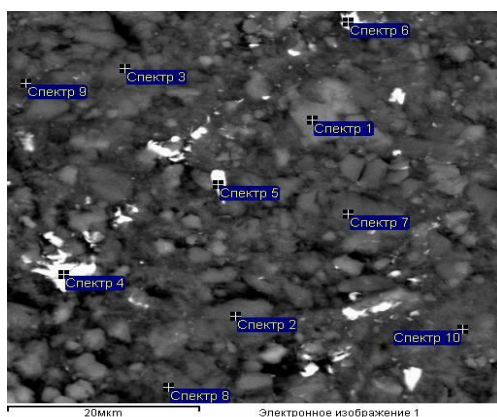


Рисунок 1 – Участки проведения рентгеноспектрального микрозондового анализа исходного образца клиноптилолита

Таблица – Элементный состав исходного клиноптилолита

Спектр	Элемент												
	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Fe
Сп-р 1	15.73	52.74	0.64	2.60	6.44	15.35		0.02	0.98	0.44			5.06
Сп-р 2	9.54	55.92	1.06	0.45	5.70	24.67			1.30	1.17			0.18
Сп-р 3	11.60	55.32	1.23	0.35	5.57	23.57			1.23	1.12			
Сп-р 4	20.62	18.17	1.85		2.47	6.34		0.18	0.44	0.43		5.79	43.70
Сп-р 5	13.27	31.32	0.91	0.21	4.33	14.50			1.80	0.30		3.93	29.41
Сп-р 6	19.52	25.88	4.01		3.92	9.41		0.43	0.65	0.20		4.28	31.71
Сп-р 7	9.68	55.25	1.00	0.37	5.84	25.12			1.17	1.09			0.48
Сп-р 8	6.07	55.27	1.13	0.48	6.51	26.86			1.53	1.35	0.10		0.70
Сп-р 9	16.29	51.87	1.00	0.46	5.43	21.98	0.16		1.23	1.11			0.47
Сп-р10	11.26	54.46	0.70	0.29	4.53	26.11	0.05		1.45	0.60			0.55
Сред.	13,45	45,47	1,53	0,52	5,05	19,29	0,02	0,21	1,17	0,78	0,01	1,4	11,1
Макс.	20,62	55,92	4,01	2,60	6,51	26,86	0,16	0,43	1,80	1,35	0,10	5,79	43,70
Мин.	6,07	18,17	0,64	0,21	2,47	6,34	0,05	0,02	0,44	0,20	0,10	3,93	0,18

Присутствие Fe, Mg, Ca, Ti, Cr подтверждает неоднородность минерала.

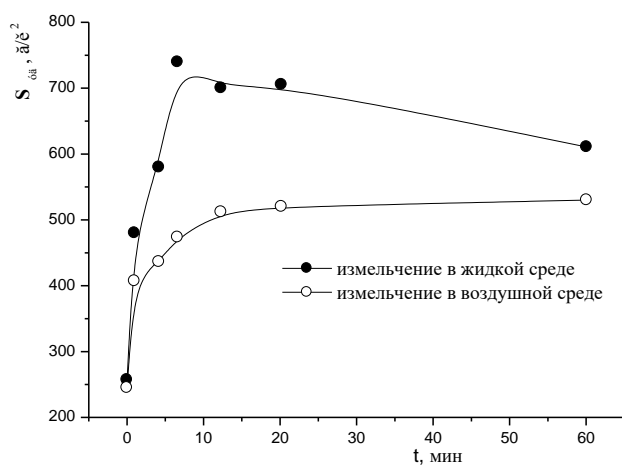


Рисунок 2 – Изменения величины удельной поверхности цеолита в зависимости от времени измельчения

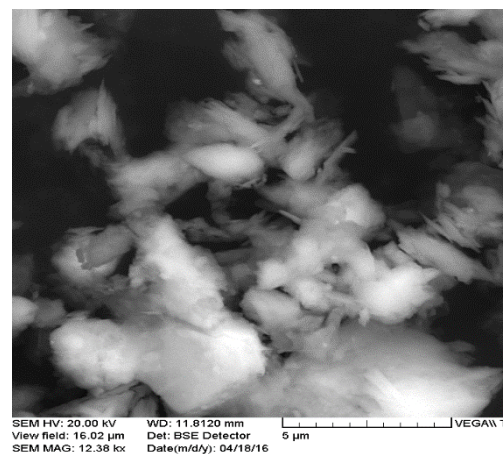


Рисунок 3 – Микроструктура образцов клиноптилолита после механохимической обработки в течение 7 минут

Установлено, что с увеличением времени механоактивации значение удельной поверхности частиц быстро растет, и после достижения максимума при времени активации 5–7 мин, начинает уменьшаться, выходя на уровень насыщения (рисунок 2).

Результатом высокоэнергетического воздействия является появление мезо- и микродефектов, наблюдается образование разветвленной, фрактальной поверхности частиц клиноптилолита (рисунок 3).

Следует отметить, что длительное механическое воздействие на клиноптилолит ведет на первом этапе к значительному росту величины удельной поверхности порошков, однако, в дальнейшем размеры частиц практически не меняются, наблюдается лишь разрушение агломератов. При подобном состоянии системы в приконтактных поверхностных областях твердого тела создается поле напряжений за счет увеличения дефектности кристаллической структуры (вакансий, межузловых атомов, дислокаций, границ зерен и субзерен), что в целом приводит к возрастанию суммарной реакционной способности материала.

Установлено, что для модифицированного клиноптилолита возрастает ионообменная емкость на 22,3 % по отношению к ионам Li^+ , Na^+ , K^+ , Cs^+ , а также скорость ионного обмена, что, вероятно, связано с увеличением количества активных центров и дает возможность закреплять на поверхности клиноптилолита большее количество «якорных» группировок. В дальнейшем путем прививки к ним селективных групп (сополимеров SiSb , ZrSb , NiSb , TiSb , фосфомолибдаты, ферроцианиды, хроматы и др.) получать высокоселективные к радиоактивным изотомам ^{90}Sr и ^{137}Cs композитные сорбенты.

Таким образом, механоактивация клиноптилолита способствует увеличению количества активных центров, что дает возможность закреплять на поверхности клиноптилолита большее количество «якорных» группировок, а в дальнейшем путем прививки к ним селективных групп получать высокоселективные к радиоактивным изотомам композитные сорбенты.

Список используемых источников

1. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. – М. Недра, 1987.- 176 с.
2. Faghihian H., Talebi M., Pirouzi M. Adsorption of Nitrogen from Natural Gas by Clinoptilolite // J. Iran. Chem. Soc. – 2008. – Vol. 5. – P. 394-399.
3. Banerjee R., Phan A., Bo Wang, Knobler C., Hiroyasu Furukawa, O’Keeffe M., Omar M. Yaghi. High-Throughput Synthesis of Zeolitic Imidazolate Frameworks and Application to CO_2 Capture // Science. – 2008. – V. 319, № 5865, – P. 939–943.
4. Панасюгин.А.С., Комаров.В.С., Ратько А.И., и др. Ионообменные свойства клиноптилолита, модифицированного ферроцианидами металлов // Весці АН Беларусі. Сер.хім. навук. 1993. №2. с. 30-34.

Lomonosov V.A.¹, Tsyganov A.R.², Panasugin A.S.³, Masherova N.P.⁴, Ghryghoriev S.V.³

THE STUDY OF STRUCTURAL PECULIARITIES AND THE CONDITIONS OF MECHANOCHEMICAL MODIFICATION OF CLINOPTILOLITE TO CREATE SELECTIVE SORBENTS

¹Belarusian State University (Belarus)

²Belarusian State Technological University (Belarus)

³Belarusian National Technical University (Belarus)

⁴Military Academy of the Republic of Belarus (Belarus)

Mineral and element composition, peculiarities of microstructure of natural clinoptilolite and clinoptilolite modified by high-energy milling are determined. It is shown that the exchange capacity of the modified clinoptilolite increased by 22.3 % relative to the ions of Li^+ , Na^+ , K^+ , Cs^+ . The rate of ion exchange also increases.

Keywords: clinoptilolite, exchange capacity, mechanochemical activation, high-energy milling.

ИОНООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ ФЕРРОЦИАНИДОВ КОБАЛЬТА

А.С. Панасюгин¹, А.Р. Цыганов², Н.П. Машерова³, С.В. Григорьев¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск

²Белорусский государственный технологический университет, Минск

³Военная академия Республики Беларусь, Минск

Известно, что ферроцианиды переходных металлов являются одними из наиболее высокоэффективных и селективных коллекторов для концентрирования радионуклидов цезия. Состав, ионообменные свойства и пористая структура ферроцианидов во многом зависят от условий их получения. При определенных условиях синтеза могут формироваться соединения, имеющие слоистую структуру, например, ферроцианид $2\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Одним из перспективных способов модифицирования слоистых структур является фиксация слоев сорбента на определенном расстоянии друг от друга неорганическими соединениями, такими, как полигидроксикомплексы многовалентных металлов. Результатом модифицирования является увеличение удельной поверхности и сорбционного объема, что приводит к более эффективной работе основной массы сорбента за счет большей доступности сорбционных и ионообменных центров.

Целью настоящей работы явились исследования по изучению ионообменных свойств ферроцианидов кобальта $2\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, интеркалированных гидроксокомплексами железа (III).

Полученные результаты показали, что введение гидроксокомплексов железа (III) в структуру ферроцианида кобальта приводит к увеличению обменной емкости по отношению к ионам Cs^+ , Na^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} и UO_2^{2+} , соответственно в 1,2; 1,45; 2,43; 2,8; 2,61; 2,4 и 1,3 раза.

Ключевые слова: ферроцианид кобальта, полигидроксикомплексы железа (III), ионообменные свойства, адсорбент.

В настоящее время известно большое количество сорбционно-активных материалов, применяемых для очистки водных сред от радионуклидов. Они объединяют четыре группы сорбентов: природные алюмосиликаты, искусственные неорганические материалы, природные органические вещества и продукты их обработки, ионообменные органические смолы.

Как показала многолетняя практика, ферроцианиды переходных металлов являются одними из наиболее высокоэффективных и селективных коллекторов для концентрирования радиоизотопов цезия [1, 2].

Вместе с тем использование ферроцианидов как сорбентов в чистом виде имеет существенный недостаток – эффект блокировки, который выражается в том, что при фиксации радионуклидов в поверхностных слоях зерен сорбентов более глубокие слои становятся недоступными, т. е. основная масса сорбента не работает [1].

В ряде работ показано, что ферроцианиды могут поглощать из водных растворов катионы и анионы, причем наряду с ионообменным поглощением может иметь место и адсорбция [2].

При определенных условиях синтеза могут формироваться ферроцианидные соединения, имеющие слоистую структуру, например, ферроцианид $2\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [3].

Одним из наиболее перспективных способов повышения эффективности работы основного объема сорбента является фиксация его слоев на определенном расстоянии друг от друга неорганическими соединениями, такими, как полигидроксикомплексы многовалентных металлов (Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Zr^{4+} , La^{3+} и др.) [4, 5].

Результатом такого модифицирования структуры исходного материала является увеличение удельной поверхности, сорбционного объема и в конечном итоге более эффективная работа основной массы сорбционного материала.

В работе использованы следующие обозначения образцов: 0 – исходный образец ФЦСо (ферроцианида кобальта); модифицированные образцы: 5 – ФЦСо-5, 10 – ФЦСо-10 и 15 – ФЦСо-15, для получения которых 10 %-ую водную суспензию исходного образца

ферроцианида кобальта обрабатывали полигидроксикомплексами трехвалентного железа из расчета 5, 10 и 15 ммоль Fe^{3+} на грамм исходного образца.

В ходе многочисленных исследований показано, что радиоактивные изотопы оказывают сильное негативное воздействие на организм человека, которое приводит к нарушению нормального протекания биохимических циклов, вызывает нарушение структурных связей ДНК и в конечном итоге меняет генетический код.

Одними из наиболее токсичных и распространенных радиоизотопов металлов являются изотопы, свойства которых приведены в таблице.

Таблица – Основные свойства радиоизотопов

№, п.п.	Изотоп	Период полураспада, $T_{1/2}$	Вид и энергия излучения, МэВ (относительная интенсивность, %)	Степень радиотоксичности, группа	Влияние на организм человека
1.	^{134}Cs	2,06 года	$E_{\beta} = 0,662$ (70); $E_{\gamma} = 0,796$ (99); $E_{\gamma} = 0,605$ (98)	Средняя (В)	Мышечные ткани, печень, почки
2.	^{137}Cs	30,17 года	$E_{\beta} = 1,176$ (5); $E_{\beta} = 0,514$ (95); $E_{\gamma} = 0,662$ (85)	Средняя (В)	Мышечные ткани, печень, почки
3.	^{22}Na	2,60 года	$E_{\beta} = 0,545$; $E_{\gamma} = 0,511$ (180); $E_{\gamma} = 1,275$ (100)	Средняя (В)	Почки
4.	^{60}Co	5,27 года	β - $E_{\beta} = 0,314$ (99); $E_{\gamma} = 1,173$ (100); $E_{\gamma} = 1,332$ (100)	Средняя (В)	Печень
5.	^{90}Sr	28,8 года	β - $E_{\beta} = 0,546$	Высокая (Б)	Костные ткани, легкие
6.	^{235}U	7,038- 10^8 лет	$E_{\alpha} = 4,58$ (8); $E_{\alpha} = 4,40$ (62); $E_{\alpha} = 4,36$ (18); $E_{\alpha} = 4,22$ (6); $E_{\gamma} = 0,143$ (11); $E_{\gamma} = 0,185$ (54); $E_{\gamma} = 0,204$ (5)	Высокая (Б)	Костные ткани, легкие
7.	^{238}U	4,468- 10^9 лет	$E_{\alpha} = 4,20$ (77); $E_{\alpha} = 4,15$ (23)	Высокая (Б)	Костные ткани, легкие
8.	^{125}Sb	2,60 года	$E_{\beta} = 0,61$; $E_{\gamma} = 0,427$ (31); $E_{\gamma} = 0,599$ (24)	Средняя (В)	Щитовидная железа
9.	^{207}Bi	32,9 года	$E_{\gamma} = 0,570$ (98); $E_{\gamma} = 1,064$ (77)	Высокая (Б)	Печень, почки, нервная система

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы явились исследования, направленные на изучение ионообменных свойств ферроцианидов кобальта $2\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, интеркалированных гидроксикомплексами железа (III), по отношению к ионам Cs^+ , Na^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} и UO_2^{2+} .

На рисунке изображены данные, отражающие влияние модифицирования гидроксикомплексами железа (III) ферроцианида кобальта состава $2\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ на его ионообменные свойства.

Из представленных данных видно, что в результате модифицирования наблюдается заметный рост значений обменной емкости по отношению к ионам Cs^+ , Na^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} и UO_2^{2+} , соответственно в 1,2; 1,45; 2,43; 2,8; 2,61; 2,4 и 1,3 раза.

Следует отметить тот факт, что с увеличением количества модификатора (гидроксикомплексов железа (III)) более 5 ммоль на грамм исходного ферроцианида кобальта ионообменная емкость начинает несколько снижаться.

Данное обстоятельство обусловлено, прежде всего тем, что в ходе синтеза модифицированных сорбентов протекает два встречных процесса: с одной стороны, происходит фиксация слоев $2\text{Co}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и увеличивается доступность ионообменных центров, с другой стороны, увеличение количества модификатора с 5 ммоль на грамм исходного ферроцианида кобальта до 10 ммоль и выше приводит к формированию большего количества фазы $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$. Данная фаза формируется на базе соединения

$K_4[Fe(CN)_6]$, входящего в состав исходного $2Co_2[Fe(CN)_6] \cdot K_4[Fe(CN)_6]$, тем самым снижая количество ионообменных центров.

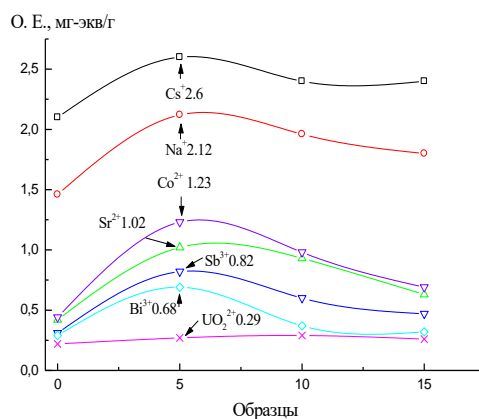


Рисунок – Зависимость изменения значений статической обменной емкости (О.Е.) образцов по отношению к ионам Cs^+ , Na^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} и UO_2^{2+} , где 0 – исходный образец ФЦСо, модифицированные образцы, соответственно, 5 – ФЦСо-5, 10 – ФЦСо-10 и 15 – ФЦСо-15

Таким образом, установлено, что введение гидроксокомплексов железа (III) в структуру ферроцианида кобальта приводит к увеличению обменной емкости по отношению к ионам Cs^+ , Na^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} и UO_2^{2+} , соответственно в 1,2; 1,45; 2,43; 2,8; 2,61; 2,4 и 1,3 раз.

Список использованных источников

1. Кузнецов Ю. В., Щебетковский В. Н., Трусов А. Г. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений. М.: Атомиздат, 1974. 360 с.
2. Vesely V., Pekarek V. Synthetic inorganic ionexchangers. / 2. Salts of heteropolyacids, insoluble ferrocyanides, synthetic aluminosilicates and miscellaneous exchangers // Talanta, 1972. Vol. 19, No 3, P. 1248-1253.
3. Grütter A., von Gunter H. R., Rössler E., Keil R. / Sorption of Strontium on Unconsolidated Glaciofluvial Deposits and Clay Minerals; Mutual Interference of Cesium, Strontium and Barium // J. Radiochimica Acta, 1994. Vol. 64, P. 247-252.
4. Панасюгин А. С., В. С. Комаров [и др.] / Влияние гидроксокомплексов алюминия, железа и циркония на пористую структуру монтмориллонита // Весці АН БССР. сер. хім. н. 1991. № 5. С. 20-24.
5. Панасюгин А. С. Бондарева Г. В., Китикова Н. В., Струкова О. В. / Адсорбционно-структурные свойства монтмориллонита, интеркалированного гидроксокомплексами железа и редкоземельных металлов // Коллоидный журнал. 2003. № 3. С. 520-523.

Panasugin A.S.¹, Tsyganov A.R.², Masherova N.P.³, Ghryghoriev S.V.¹

ION EXCHANGE PROPERTIES OF INTERCALATED COBALT FERROCYANIDES

¹Belarusian National Technical University (Belarus)

²Belarusian State Technological University (Belarus)

³Military Academy of the Republic of Belarus (Belarus)

It is a fact that ferrocyanides of transition metals are the most highly effective and selective sorbents to concentrate radionuclides, in particular cesium. Composition, ion exchange properties and pore structure of ferrocyanides depend on the conditions of their synthesis. Ferrocyanides with layered structure can be formed under definite conditions. For example, ferrocyanide $2Co_2[Fe(CN)_6] \cdot K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ has a layer structure.

One of the promising ways of modifying layered structures is to fix the layers of the sorbent at a certain distance from each other with the aid of polyhydroxocomplexes of polyvalent metals. As a result the values of the specific surface area, the sorption volume increase and sorbent works more effectively due to accessibility of sorption and ionexchange centers.

The aim of the present paper is synthesis of cobalt ferrocyanide intercalated with Fe (III) polyhydroxo complexes and investigation of the ion exchange properties of the samples obtained.

The results obtained showed that the introduction of iron (III) hydroxocomplexes into the cobalt ferrocyanide structure leads to an increase in the exchange capacity with respect to the ions of Cs^+ , Na^+ , Sr^{2+} , Co^{2+} , Sb^{3+} , Bi^{3+} и UO_2^{2+} , respectively, 1.2; 1.45; 2.43, 2.8; 2.61; 2,4 and 1,3 times.

Keywords: cobalt ferrocyanide, Fe (III) polyhydroxo complexes, ion exchange properties, adsorbent.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ИХ РЕШЕНИЕ В БАССЕЙНЕ р. ЗАПАДНЫЙ БУГ

А.М. Пеньковская, Е.Н. Попова

Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, Минск

Приведены результаты оценки экологического состояния поверхностных водных объектов в бассейне Западного Буга, существующие водохозяйственные проблемы и пути их решения

Ключевые слова: водный объект, экологический статус, водохозяйственные проблемы, мероприятия.

Экологическое состояние (статус) поверхностного водного объекта определяется на основании гидробиологических показателей с использованием гидрохимических и гидроморфологических показателей и классифицируется как «отличное», «хорошее», «удовлетворительное», «плохое», «очень плохое» [1].

Работа по определению классов гидрохимических, гидробиологических и гидроморфологических показателей поверхностных водных объектов выполнялась в составе работ по подготовке проекта Плана управления бассейном реки Западный Буг. На основании результатов обследования и данных режимного мониторинга поверхностных вод за 2015–2016 годы определен экологический статус 26 участков водных объектов [2].

В бассейне Западного Буга выделено 12 участков водных объектов, находящихся под угрозой риска недостижения хорошего экологического статуса. Это составляет 46,2% от общего количества обследованных участков водных объектов. В наибольшей степени под угрозой риска находятся участки рек Рудавка и Нарев – «плохой» класс гидробиологических показателей как следствие аномальной засухи 2015 года, участки рек Копаявка, Спановка, Западный Буг, Мухавец, Рита, Лесная – «удовлетворительный» класс гидробиологических показателей, Западный Буг, Лесная Правая и вдхр. Олтушское – «удовлетворительный» класс гидрохимических показателей, Мухавец – «удовлетворительный» класс гидрохимических и гидробиологических показателей.

Анализ экологической обстановки позволил выделить следующие особенности в бассейне Западного Буга:

- трансграничный перенос по руслу реки загрязняющих веществ, поступающих на пограничный створ между Украиной (выше по течению), Беларусью (правый берег) и Польшей (левый берег); далее перенос усиливается за счет поступления загрязняющих веществ на пограничном участке реки между Беларусью и Польшей с промежуточных водосборов этих стран;
- преобладающее влияние рассредоточенных источников загрязнения (от 60 до 90% по различным ингредиентам) на качество воды реки и ее притоков;
- загрязнение рек Западного Буга и Мухавца вследствие перевозки грузов речным транспортом (Днепровско-Бугский канал является элементом крупной трансграничной воднотранспортной системы по направлению Украина-Беларусь-Польша);
- существующие очистные сооружения, построенные в 70-х годах прошлого века, имеют большой физический износ и не обеспечивают необходимого качества очистки сточных вод, в первую очередь, по удалению биогенных элементов – азота и фосфора;
- отсутствие данных о влиянии иловых площадок очистных сооружений на качество воды Западного Буга;
- отсутствие стационарных постов гидрологических наблюдений вдоль основного русла реки.

При этом остаются нерешенными следующие проблемы:

- очистные сооружения биологической очистки в большинстве посёлков городского типа отсутствуют;

- сточные воды мясомолочной отрасли сбрасываются без очистки в коммунальную канализацию и на поля фильтрации;
- большое количество предприятий в качестве очистных сооружений при сбросе сточных вод используют поля фильтрации;
- загрязнение водных объектов в значительной степени поступает с поверхностными сточными водами с территорий населенных пунктов;
- большое количество питьевой воды используется на производственные нужды;
- недостаточный уровень обеспеченности централизованным водоснабжением, особенно сельского населения;
- необходимость тампонирования большого количества неиспользуемых артезианских скважин;
- низкое оснащение приборами учета водопотребления объектов Минсельхозпрода;
- состояние рыбохозяйственных прудов во многих случаях неудовлетворительное;
- несоблюдение на некоторых предприятиях требований закона «Об обращении с отходами» в части разделения отходов на виды;
- неудовлетворительное состояние мини-полигонов твердых коммунальных отходов;
- неупорядоченность навозоудаления, отведения и очистки стоков животноводческих комплексов;
- в пределах многих населённых пунктов границы водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов установлены без учета застройки, в водоохранных зонах имеются животноводческие фермы, оказывающие негативное влияние на водные ресурсы;
- повышение хозяйственной ценности пойменных территорий способствует росту среднесуточного ущерба от наводнений, из-за высокой вероятности затопления из хозяйственного использования фактически выпадают потенциально высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья;
- в ряде действующих зон отдыха на водных объектах отмечается значительное превышение норм допустимых рекреационных нагрузок;
- слабое развитие инфраструктуры вдоль судоходных рек, вблизи озер.

Особое место занимают проблемы Хотиславского месторождения, связанные с формированием на прилегающих территориях депрессионной воронки.

В проекте Плана управления бассейном Западного Буга предложены 3 группы мероприятий, направленных на улучшение экологического состояния поверхностных водных объектов (их частей):

1. Снижение воздействия на водные объекты со стороны жилищно-коммунального хозяйства;
2. Снижение антропогенного воздействия на водные объекты со стороны промышленного производства;
3. Регулирование землепользования в водоохранных зонах.

К мероприятиям первой группы отнесены строительство и реконструкция очистных сооружений канализации в ряде городов, строительство очистных сооружений на выпусках поверхностных сточных вод, строительство альтернативных канализационных очистных сооружений взамен эксплуатируемых полей фильтрации с производительностью более 200 м³/сутки. Сокращение карт полей фильтрации очистных сооружений.

Широкие возможности в осуществлении мероприятий второй группы имеются в промышленности:

- снижение потребления питьевой воды на производственные нужды на предприятиях;
- сокращение потерь воды при ее транспортировке и использовании на предприятиях, оснащение системами учета водопотребления и водоотведения объектов производства;
- строительство локальных очистных сооружений для очистки производственных сточных вод;

- инвентаризация существующих польдерных и мелиоративных систем в бассейне, оценка эффективности их функционирования и влияния на окружающую среду, разработка мероприятий по снижению выноса биогенных загрязняющих веществ;
- восстановление водорегулирующих сооружений (шлюзов, труб-регуляторов) мелиоративных систем, формирование уровней воды водотоков в соответствии с возможностью управления ими с помощью подпорных сооружений;
- осуществление контроля за выполнением агротехнических мероприятий по недопущению загрязнения поверхностных и подземных вод навозосодержащими сточными водами;
- реконструкция системы навозоудаления, реализация мероприятий по рекультивации неиспользуемых земель и последующему переводу их в пахотные земли с целью снижения негативного влияния на поверхностные водные объекты.

В рамках третьего направления намечается следующее:

- вынос из водоохраных зон складов хранения удобрений, складов ГСМ и других экологически опасных объектов;
- строительство объектов инфраструктуры и реконструкция водных сооружений в рамках благоустройства городов;
- организация мест массового отдыха;
- проведение работ по расчистке и восстановлению русел рек Лесная и Лесная Правая;
- корректировка проектов водоохраных зон и прибрежных полос водных объектов.

Помимо вышеперечисленных мероприятий общими для всего бассейна являются:

- снижение выноса загрязняющих веществ с сельскохозяйственных территорий и мелиорированных площадей;
- предупредительные меры по защите от затоплений и подтоплений;
- приём, очистка и утилизация балластных вод речного транспорта и контроль за его сбросами;
- организация службы заблаговременного оповещения о катастрофических расходах;
- количественная оценка загрязнения водным и воздушным путём;
- организация автоматизированного контроля за количеством и качеством вод в пограничных створах;
- практическое сотрудничество с Украиной и Польшей в области регулирования водопользования и охраны вод.

С целью повышения достоверности экологического статуса водных объектов необходимо расширение сети и увеличение частоты гидробиологических наблюдений.

Список использованных источников

1. ТКП 17.13-21-2015 (33140) «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг. Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса)».
2. Отчет о НИР «Разработать план управления бассейном реки Западный Буг», РУП «ЦНИИКИВР», Минск, 2016.

Penkovskaya A.M., Popova E.N.

THE ECOLOGICAL CONDITION OF WATER OBJECTS, WATER MANAGEMENT PROBLEMS AND ACTIONS DIRECTED TO THEIR DECISION IN BASIN OF THE WESTERN BUG

Central Research Institute for Complex Use of Water Resources (Belarus)

Results of an assessment of an ecological condition of superficial water objects are given in the basin of the Western Bug, the existing water management problems and ways of their decision.

Keywords: water object, ecological status, water management problems, actions.

М.С. Чирикова, Г.М. Петрова, Е.М. Глушень
Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск

Методом накопительных культур из почвы, сточных вод г. Дисна, пластовых вод, образцов воды Черного моря, слизи рыб, обитающих в водоемах Беларуси, выделено 119 изолятов, перспективных для исследования. Изучение флокулирующей активности с использованием каолиновой суспензии позволило выявить 30 штаммов, активность которых составила 0,5–88,8 %. Для дальнейших исследований отобран штамм FL X-5, обладающий наибольшей флокулирующей способностью – 88,8 %. Установлена зависимость флокулирующей способности штамма FL X-5 от условий и времени культивирования.

Ключевые слова: микроорганизмы, флокулирующая способность, биофлокулянты, очистка сточных вод, флокуляция.

Введение. Очистка промышленных сточных вод тесно связана с охраной окружающей среды и является актуальной проблемой современности. На предприятиях в настоящее время широко используются такие методы реагентной физико-химической очистки сточных вод, как коагуляция и флокуляция [1, 2]. Использование данных методов требует применения коагулянтов (низкомолекулярные электролиты, приводящие к агрегации частиц) и флокулянтов (высокомолекулярные соединения, способствующие образованию агрегатов за счет объединения нескольких частиц через макромолекулярную структуру адсорбированного или химически связанного полимера) [3]. Традиционно используемые реагенты (соли железа и алюминия, синтетические полимерные флокулянты) имеют существенные недостатки: тяжелые металлы (алюминий, железо) и токсичные мономеры переходят в осадок, ограничивая его пригодность для дальнейшего использования; увеличивается концентрация алюминия и железа в очищенной воде; высокая стоимость синтетических флокулянтов [4, 5]. В связи с вышесказанным большое внимание уделяется использованию флокулянтов биологического происхождения или микроорганизмов, способных синтезировать биофлокулянты [6]. Значительный интерес к этой тематике остается в центре внимания ученых как одно из направлений совершенствования производственных процессов и улучшения экологического состояния окружающей среды.

Несмотря на многообразие имеющихся биофлокулянтов, поиск новых соединений и биообъектов, способных к их синтезу, продолжается. В настоящее время большинство работ, связанных с выделением и характеристикой новых типов биофлокулянтов, проводится в лабораториях России, Китая, Франции и Японии. В работах изучаются различные микроорганизмы, включая бактерии, грибы, простейшие, активный ил и т. д. Анализ литературы по данной тематике показывает, что, несмотря на достаточно большое количество в мире разработок, свидетельствующих о перспективности использования биофлокулянтов, до настоящего времени в Беларуси не разработано эффективных технологий получения биофлокулянтов, а также способов очистки сточных вод с их помощью.

Целью настоящего исследования явились поиск и изучение микроорганизмов, способных продуцировать биофлокулянты, а также оценка возможности их применения для очистки сточных вод.

Материалы и методы исследования. Выделение микроорганизмов проводили методом накопительных культур на основе почвы, сточных вод маслозавода, мясокомбината, коммунальных очистных сооружений, вод Черного моря, а также слизи рыб, обитающих в Республике Беларусь. Образцы суспензии высевали на агаризованную среду YPG [6]. Изоляты отбирали по внешнему виду: колонии вязкие, слизистые, с волнистым краем. Флокулирующую активность определяли используя каолиновую суспензию (4 г/л) в качестве тестового объекта [7]. Морфологию и структуру колоний отобранных микроорганизмов наблюдали при выращивании на средах МСА и YPG с помощью общепринятых методик по руководствам [8, 9].

Результаты и их обсуждение. Методом накопительных культур из выделено 119 изолятов, изучение флокулирующего потенциала которых показало, что только 30 изолятов проявили флокулирующую активность на уровне 0,5 – 88,8 %. Данные культуры были выделены: 10 – из образцов дерново-подзолистой почвы с добавлением сухой ламинарии, 5 – из почвы буровых площадок нефтяных месторождений Гомельской области; 4 – из коммунальных сточных вод г. Дисна; 4 – из сточных вод маслозавода г. Дятлово; 3 – из слизи рыб, обитающих в Минском море; 2 – из сточных вод агрокомбината г. Столбцы; 1 – из сточных вод автономных систем канализаций; 1 – из вод Черного моря.

Изучение флокулирующей активности изолятов показало, что при использовании супернатанта штамма FL X-5 происходит осветление каолиновой суспензии за 10 минут на 88,8 %. На основании этого штамм FL X-5 выбран нами для дальнейших исследований. При изучении морфологии и структуры колоний установлено, что штамм FL X-5 представляет собой грамположительные ровные подвижные палочки. Аэроб. При росте на среде МСА образует белые матовые ризоидные колонии с изогнутым профилем, диаметром 3-4 мм. Консистенция мягкая, легко снимаются с агара. На среде YPG образует матовые бесцветные круглые с белым фестончатым краем колонии диаметром 4-5 мм. Профиль колоний бугристый. Консистенция слизистая, тягучая, тяжело снимаются с агара. На основании морфолого-культуральных и физиолого-биохимических свойств штамм предварительно идентифицирован как *Bacillus sp.* FL X-5. Согласно заключению о ветеринарно-токсикологических исследованиях штамм FL X-5 не обладает патогенными, токсичными и токсигенными свойствами.

Изучение влияния продолжительности культивирования на рост штамма *Bacillus sp.* FL X-5 и его флокулирующую активность проводили в течение 72 часов (рисунок 1). Установлено, что уже через 2 часа после начала культивирования активность составила 53,2 %. Максимальная активность была достигнута через 13 часов после начала культивирования и составила 95,1 %.

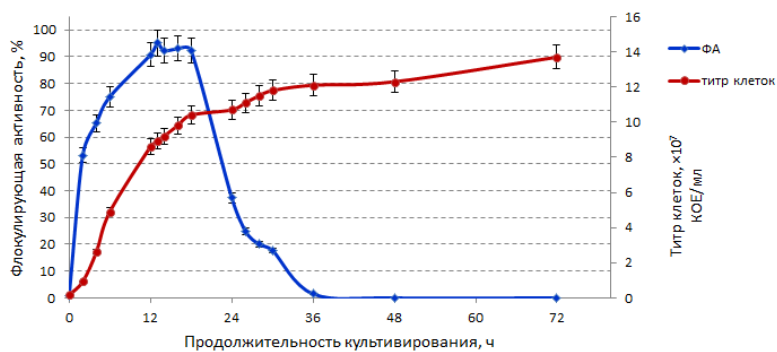


Рисунок 1 – Зависимость роста штамма FL X-5 и его флокулирующей активности от продолжительности культивирования

Большинство микроорганизмов производят биофлокулянты, а соответственно и обладают максимальной флокулирующей активностью, во время фазы экспоненциального роста [4]. В нашем случае образование биофлокулянта культурой *Bacillus sp.* FL X-5 синхронизировано с ростом клеток и максимум флокулирующей активности наблюдается в конце экспоненциальной фазы роста и начале стационарной фазы. Полученные результаты согласуются с данными, полученными J.-Y. Wu и H.-F. Ye. [10]. Снижение активности к 24 ч культивирования может быть связано с накоплением в среде культивирования метаболитов, влияющих на образование биофлокулянта [6]. Таким образом, время культивирования 13 ч было выбрано нами для последующих экспериментов.

Рост микроорганизмов непосредственно зависит от условий внешней среды, и в частности, от температуры. С этой целью было изучено влияние температуры на рост микроорганизмов, а также проявление ими флокулирующей способности. Установлено, что

температурный оптимум для культивирования штамма *Bacillus sp.* FL X-5 и проявления им флокулирующей активности находится в пределах 28 °С (титр клеток $2,9 \times 10^8$ КОЕ/мл). Понижение температуры культивирования до 22 °С, как и повышение до 32 °С замедляет процесс роста. Титр клеток при этом составил $9,4 \times 10^7$ КОЕ/мл и $1,6 \times 10^7$ КОЕ/мл, соответственно. Наиболее значительно изменение температурного режима влияет на образование биофлокулянтов, а соответственно и на флокулирующую активность культуры, которая при 28 °С составила 94,8 %. Снижение температуры до 22 °С приводит к снижению активности на 6,9 %, а повышение температуры до 32 °С приводит к прекращению образования биофлокулянта.

Заключение. Методом накопительных культур выделено 119 изолятов, перспективных для исследования. Изучение флокулирующей активности с использованием каолиновой суспензии позволило выявить 30 штаммов, активность которых составила 0,5–88,8 %. Для дальнейших исследований отобран штамм FL X-5 обладающий наибольшей флокулирующей способностью – 88,8 %. На основании морфолого-культуральных и физиолого-биохимических свойств штамм предварительно идентифицирован как *Bacillus sp.* FL X-5. Установлена зависимость флокулирующей активности *Bacillus sp.* FL X-5 от условий и времени культивирования.

Высокий флокулирующий потенциал штамма *Bacillus sp.* FL X-5 может являться основой для создания новых биофлокулянтов, перспективных для использования при очистке сточных вод.

Список использованных источников

1. Buthelezi, P. Application of bacterial biofloculants for wastewater and river water treatment / P. Buthelezi // University of KwaZulu-Natal. – Durban, 2010. – 301 p.
2. Багаева, Т.В. Поиск новых перспективных форм биофлокулянтов/ Т.В. Багаева, Е.Е. Зинурова // Ученые записки казанского государственного университета, 2008. – Т. 10. – С. 36–50.
3. Chai, S. L. A review on application of flocculants in wastewater treatment / S. L. Chai, J. Robinson, M. Fong Chong // Process Safety and Environmental Protection, 2014. – P. 437–457.
4. Qinhuan, Y. Components of a Biofloculant for Treating Tannery Wastewater / Y. Qinhuan [et al.] // J. of Residuals Science & Technology, 2015. – Vol. 12 (2). – P. 99–103.
5. Брындина, Л.В. Очистка сточных вод мясокомбинатов с применением биофлокулянта / О. С. Корнеева, С. Н. Перов, Л. В. Брындина // Мясная индустрия. – 2005. – № 9. – С. 36–38.
6. Gao, J. Characterization of a biofloculant from a newly isolated *Vagococcus sp.* W31 / J. Gao [et al.] // Univ. Sci. B. – 2006. – V. 7. – No 3. – P. 186–192.
7. Okaiyeto, K. Characterization of a Biofloculant (MBF-UFH) Produced by *Bacillus sp.* AEMREG7 / K. Okaiyeto [et al.] // Int. J. Mol. Sci.. – 2015. – Vol. 16. – P. 12986–13003.
8. Герхард, Ф. Методы общей бактериологии / под общ. ред. Ф.Герхарда. – М.: Мир, 1984. – Т.3. – 286 с.
9. Ручай, Н.В. Микробиология. Лабораторный практикум: учеб. Пособие для студентов специальностей «Биотехнология», «Биотехнология», «Биология» / Н.В. Ручай, Р.М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2007. – 160 с.
10. Wu, J.-Y. Characterization and flocculating properties of an extracellular biopolymer produced from a *Bacillus subtilis* DYU1 isolate / J.-Y. Wu, H.-F. Ye // Process Biochem. – 2007. – Vol. 42. – P. 1114–1123.
11. Zhang, Zh. Production and application of a novel biofloculant by multiple-microorganism consortia using brewery wastewater as carbon source / Zh. Zhang [et al.] // Journal of Environmental Sciences, 2007. – Vol. 19. – P. 667–673.

Chyrykava M.S., Petrova G.M., Hlushen E.M.

BIOFLOCCULATING POTENTIAL OF *BACILLUS SP.* FL X-5

Institute of Microbiology, NAS Belarus (Belarus)

119 isolated promising for further studies were recovered by enrichment culture technique from soil, municipal sewage of Disna town, deposit water, Black Sea water, mucus of local fish species. Investigation of flocculating potential in isolates strains using kaolin suspension has revealed 30 strains with a broad activity range from 0.5 to 88.8%. Strain FL X-5 showing the highest flocculating activity – 88.8 % were sorted out for further studies. The dependence of flocculating ability of strain FL X-5 on conditions and time of cultivation is established.

Keywords: microorganisms, flocculating ability, biofloculants, wastewater treatment, flocculation.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

УДК 502.31

КАК ТЕРМИН «УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ» СДЕЛАТЬ ПОНЯТНЫМ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ

М.В. Бирюкова

Новкинская средняя школа Витебского района, аг. Новка

Устойчивое развитие стало новым инструментом, с помощью которого человечество пытается разрешить глобальные проблемы. Цель учреждений образования – сформировать у учащихся понятие о новом мировоззренческом подходе. В ГУО «Новкинская средняя школа Витебского района» несколько лет практикуется система работы с учащимися в интересах устойчивого развития. Важнейшее мероприятие в этой системе – Неделя устойчивого развития, которая углубляет теоретические знания и даёт опыт практической деятельности.

Ключевые слова: Неделя устойчивого развития, школьный форум классных экологических инициатив.

«Нет человека, который был бы как Остров, сам по себе, каждый человек есть часть Материка, часть Суши; и если Волной снесёт в море береговой Утёс, меньше станет Европа, и также, если смочит край Мыса или разрушит Замок твой или Друга твоего; смерть каждого Человека умаляет и меня, ибо я един со всем Человечеством, а потому не спрашивай никогда, по ком звонит Колокол: он звонит по тебе», – написал знаменитый английский поэт XVII века Джон Донн [1].

Идея всеобщего взаимодействия и взаимовлияния волновала творческий и научный мир с древних времён. На её основании человечество построило множество философских учений. Новое прочтение идея получила во второй половине XX века, когда мировое сообщество осознало необходимость «sustainable development» или устойчивого развития. Сейчас ни одна страна не может развиваться изолированно от других. Причём, устойчивое развитие охватывает буквально все сферы жизни общества. Новый мировоззренческий подход стал феноменом современности!

Выпускник, не имеющий представления об устойчивом развитии, оказывается некомпетентным, неподготовленным к требованиям сегодняшнего дня. «Научить» ребёнка устойчивому развитию в школе в рамках существующих учебных программ сложно, ведь это исключительно многогранное понятие. Больше всего информации об устойчивом развитии учащиеся получают на уроках географии. «Помогают» также и другие естественные науки. В результате у школьников формируется общее понимание, имеющее, однако, серьёзный недостаток. Теоретической подготовке не хватает практической составляющей, необходимой для устойчивого развития.

В ГУО «Новкинская средняя школа Витебского района» несколько лет практикуется следующая система работы с учащимися в интересах устойчивого развития.

В течении года каждый класс в школе занимается определённой работой экологического направления (которая называется «классная экологическая инициатива»): подкармливает и изучает птиц, организует сбор вторсырья, мастерит из отходов полезные вещи (экосумки, вазы, подарочные упаковки и т.п.), озеленяет школу, выращивает лекарственные растения на фитогайдке, собирает коллекцию экологических листовок, придумывает экологические сказки, занимается волонтерской деятельностью, популяризирует велосипед.

Важнейшим мероприятием для образования в интересах устойчивого развития является Неделя устойчивого развития, которая проводится наряду с предметными неделями. Во время Недели школьники в игровой форме знакомятся с примерами взаимодействия человека и природы. За четыре года разработано несколько образовательных мероприятий, обязательно включающих элементы игры или практической деятельности. Например, познавательная игра «Занимательная этнография, или Традиционные жилища народов мира», зрелищное занятие «Гороскоп друидов или эти необычные обычные деревья», настольная игра «Полезные

ископаемые и минералы», игра «Ярмарка путешествий». Традиционно для старшеклассников организуется просмотр отрывков из фильма Яна Артюса-Бертрана «Дом» с последующим обсуждением. Проходит презентация классных экологических инициатив, представляющая собой площадку для обмена опытом. В течении нескольких перемен ребята проводят мастер-классы для желающих, на практике обучая их тому, что узнали сами (рисунок 1).



Рисунок 1 – 6 «Б» проводит мастер-класс по изготовлению подарочной упаковки из отходов бумаги (слева). 9 «Б» делится знаниями о разработке экологических листовок (справа)

Ключевое событие Недели – школьный форум классных экологических инициатив. Это мероприятие задумано для демонстрации своих достижений на сцене, в т.ч. для популяризации экологических знаний. Оно имеет важный смысл: школьники учатся доходчиво и зрелищно преподнести результаты своей практической деятельности (рисунок 2-4).



Рисунок 2 – Участники форума классных экологических инициатив в мае 2017 года



Рисунок 3 – Агитбригада 6 «А» класса убеждает зрителей в пользе съедобных диких растений



Рисунок 4 – Ребята из 4 «Б» рассказывают интересную экологическую сказку (слева). 8 «А» с помощью презентации демонстрирует пользу велосипедного транспорта (справа)

По итогам Недель выпущен методический вестник «Неделя устойчивого развития «Радуга дел для устойчивого развития» – 2016».

Большим подспорьем в этой деятельности является хорошая материальная база, которая формировалась коллективом школы много лет, в т.ч. за счёт грантов Евросоюза.

В 2011 году Новкинская школа участвовала в реализации инвестиционного проекта «Молодежные команды в Беларуси: заботимся о сохранение климата» с проектом «Здоровая молодежь – главное условие устойчивого развития общества. Организация фитобара». За счет европейского гранта в учреждении образования оборудован фитобар для приёма оздоровительных фиточаёв, в котором все классы имеют возможность выпить кружечку витаминного напитка из лекарственных трав.

В школе оборудован цифровой мультимедийный планетарий, где собрана коллекция научно-популярных фильмов. В планетарии можно увидеть на экране космические явления, изучить их под руководством педагогов. Во дворе учебного заведения имеется специальная площадка с телескопом, где проводятся астрономические наблюдения. Планируется создать Музей космоса, помощниками в этой работе будут в т.ч. и ребята. Традиционным стало участие исследовательских работ учащихся в секциях по физике и астрономии на конференциях различного уровня.

У нас есть экологический класс, в котором живут несколько кроликов, хомячки, морская свинка, крыса, попугаи и рыбки. Кормить животных – задача ребят. В учебном заведении расположен шикарный зимний сад, в уходе за которым также принимают участие учащиеся.

В завершении хочу отметить следующее. Благодаря мероприятиям, описанным выше, ребята выходят из школы, имея представление об устойчивом развитии, что является целью педагогического коллектива.

Мы не останавливаемся. Понимаем, что нам есть, куда расти. Надеюсь, опыт работы, накопленный нами к настоящему времени, будет полезен коллегам.

Список использованных источников

1. Хемингуэй Э. По ком звонит колокол: роман. Мн.: Мастацкая літаратура, 1984. 367 с.

Birukova M.V.

HOW DOES THE TERM "SUSTAINABLE DEVELOPMENT" MAKE UNDERSTANDABLE FOR SCHOOLCHILDREN

Novkinskaya secondary school of Vitebsk rajon (Belarus)

Sustainable development is becoming a new approach that provide several tools for solving global problems. The purpose of educational institutions is to formulate the concept of this approach for schoolchildren. For several years, we have practiced the system of work with schoolchildren for sustainable development at the Novokinskaya secondary school of the Vitebsk region. The key activity in this system is the Sustainable Development Week that improves theoretical knowledge and involves children in practical actions.

Keywords: Sustainable Development Week, school forum of environmental initiatives.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРАКТИК ОУР В УСЛОВИЯХ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОЕКТА «ШКОЛА РАЧИТЕЛЬНЫХ ХОЗЯЕВ»

Г.А. Богдан

Средняя школа № 12 г. Гродно, Гродно

Представлен опыт работы учреждения образования по реализации долгосрочного проекта «Школа рачительных хозяев» как эффективного инструмента комплексной поддержки практик ОУР. «Школа рачительных хозяев» активно продвигает цели и принципы устойчивого развития, экологически дружелюбного образа жизни в местном сообществе.

Ключевые слова: Практики ОУР (образование для устойчивого развития), проект, энергоэффективность, экологически дружелюбный образ жизни, инициативы.

«Современное образование, направленное на реализацию идей устойчивого развития, создает условия для становления готовности людей к тому, чтобы предвидеть проблемы, угрожающие развитию цивилизации и жизни на планете, противостоять им и находить пути их разрешения» [1, с.3].

Особое место в этих процессах занимает реализация инициатив, направленных на участие субъектов образовательных практик в процессах их социализации и развития. Общественно значимые инициативы позволяют создавать условия для становления и развития активных, творческих, ответственных и самостоятельных граждан, способных адекватно реагировать на вызовы и угрозы современной цивилизации, обеспечивать устойчивое развитие общества и государства.

«Основным результатом ОУР является осознанная социально значимая деятельность людей, направленная на гармонизацию их отношений с окружающей средой» [2, с.11].

Получить ожидаемые результаты призвано образование в условиях соответствующим образом организованной образовательной среды. Высокий потенциал в обеспечении мотивированной включенности в созидательное взаимодействие, условий для самореализации и развития учащихся, педагогов, родителей, иных представителей местного сообщества имеет проектная деятельность.

Долгосрочный проект «Школа рачительных хозяев» реализуется в ГУО «Средняя школа № 12 г. Гродно» с 2009 года. Поначалу проектное взаимодействие объединяло педагогов и учащихся в период подготовки к конкурсам «Энергомарафон» и «Энергия и среда обитания». Затем интерес к реализуемым инициативам стало проявлять все большее количество учащихся, их родители. От единичных мероприятий школа перешла к циклическим – неделям энергосбережения, экологическому марафону, конкурсам и фестивалям экологически дружелюбного образа жизни. Яркие события привлекли внимание друзей и соседей участников, которые все чаще стали выражать желание включиться в полезную общественно значимую деятельность.

В результате победы ГУО «Средняя школа № 12 г.Гродно» в 2014 году в конкурсе проектов «Энергоэффективное учреждение образования», организованном МОО «Экопартнерство» и международным проектом ШПИРЭ, был создан музей-лаборатория по энергосбережению «Школа рачительных хозяев» (далее – музей-лаборатория).

В настоящее время музей-лаборатория является центром экологического образования школы. Здесь регулярно проводятся не только экскурсии и внеклассные занятия по экологии и энергосбережению, но и создаются актуальные информационные и исследовательские продукты – видеоролики, постеры, буклеты, сценарии, эксперименты; рождаются новые интересные инициативы. Организована работа факультативных занятий «Я, энергия и окружающая среда», «Азбука Берегоши», «Энергия и окружающая среда», объединения по интересам «Юные экскурсоводы».

В традиции школы вошли Дни энергосбережения, Месяц полезных дел к Часу Земли, экологический марафон «Это моя Земля», рейды «Эконом-класс», экологическая смена пришкольного лагеря и др.

На базе музея-лаборатории было создано интеллектуальное молодежное объединение из числа наиболее мотивированных на экологические практики педагогов, учащихся, представителей родительской общественности. Основными направлениями его деятельности стала популяризация энергоэффективного образа жизни в местном сообществе, инициирование и проведение общественно значимых экологических акций, организация интеллектуальной и творческой деятельности учащихся в сфере устойчивого развития, экологии и энергосбережения, сетевое взаимодействие.

Члены интеллектуального молодежного объединения освоили актуальные методики проведения лабораторных и практических занятий с детьми 5 – 12 лет с использованием демонстрационных стендов и электронных конструкторов. Для жителей микрорайона школы организован ряд информационных и игровых программ, экологические чтения, конкурсы творческих работ. Регулярно проводятся семинары районного, областного и республиканского уровней для педагогов, организаторов работы по энергосбережению.

Обеспечена результативность участия в научно-практических конференциях, налажен выпуск экологической газеты, подготовлены публикации в научно-методические и детские журналы «Народная асвета», «Бярозка», «Я и Земля» (Казахстан).

Совместно с отрядом ЮИД в городе проводятся мероприятия в рамках «День без автомобиля» (сентябрь), совместно с ООО «ВелоГродно» – велопроезды, городской экологический праздник «Картонный Гродно».

Особый общественный резонанс вызывают разработанные членами «Школы рачительных хозяев» проекты, география которых вышла за рамки страны, а число участников достигает несколько тысяч.

В январе – феврале 2015 года обеспечено активное участие представителей местного сообщества в реализации международного проекта «My eco country», направленного на распространение знаний о преимуществах энергоэффективного образа жизни, включение в исследовательскую и творческую деятельность по пропаганде энергосбережения. Анонс, ход реализации и результаты проекта активно освещались на информационных стендах в школе, в сообществе «Школа рачительных хозяев» социальной сети «ВКонтакте», сайтах экологических организаций, СМИ Молдовы. В мероприятиях приняло участие около 600 гродненцев, более трехсот зарубежных участников.

Интеллектуальное объединение стало инициатором благотворительной акции «Подарок музею», организовав активную работу по сбору материалов для формирования экспозиции музея-лаборатории, в результате которой собрано более 200 экспонатов.

Успешно реализован ряд проектов регионального уровня, деятельность учреждения в рамках акции «Зробім!» отмечена четырьмя сертификатами организаторов Всемирной уборки.

Участие в республиканском инновационном проекте «Внедрение модели сопровождения процессов социализации подростков в интернет-пространстве «Классный руководитель в социальной сети» повлекло за собой создание школьных контакт-центров, образовательный ресурс которых позволил реализовать несколько проектов международного молодежного сотрудничества «Велобум» (2015), «Сэконд-АРТ» (2016), «Энергосбережение в формате 5-D» (2016), «Эстафета полезных дел к Часу Земли» (2017) с участием учреждений образования и экологических организаций России, Молдовы, Украины, Казахстана, Литвы, объединивших более 3 000 участников.

Опыт работы, интеллектуальные и творческие материалы «Школы рачительных хозяев» были успешно представлены на районных, областных, республиканских и международных конкурсах, о чем свидетельствует около пятидесяти дипломов и сертификатов областного, республиканского и международного уровней. В 2017 году «Школа рачительных хозяев» удостоена стипендии Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов. Опыт работы коллектива был представлен на

национальной конференции «Энергия. Климат. Образование» (апрель 2015), на республиканском форуме экологических организаций (июль 2015), республиканских семинарах ПРООН (2015-2016), в рамках международного проекта «Экспресс ООН-70» и других.

Налажено продуктивное сотрудничество с экологическими организациями «Зеленая сеть», ЦЭР, «Экопартнерство», Мосприрода, «Экообраз» (Казахстан) и др.

Проектная деятельность объединения принесла учреждению образования значительные средства на совершенствование материально-технической базы и энергосберегающие мероприятия.

Реализация долгосрочного проекта «Школа рачительных хозяев», включающая в себя работу музея-лаборатории, интеллектуального молодежного объединения, медиацентра, позволила существенно активизировать научно-исследовательскую работу в школе, повысить интерес гродненцев к целям и принципам устойчивого развития, преимуществам энергоэффективного образа жизни, участию в экологических практиках. Значительно увеличилось количество учащихся, посещающих факультативные занятия «Энергия и окружающая среда» как средства профессионального самоопределения, объединения по интересам, связанные с профилем музея-лаборатории.

Участие в проекте позволило:

- ✓ повысить рейтинг учреждения образования в регионе;
- ✓ обеспечить интеллектуальное и творческое развитие обучающихся, их успешную самореализацию; повышение их лидерских, экологических и экономических компетенций;
- ✓ содействовать профессиональному самоопределению обучающихся в сфере экологии и энергосбережения; осознанному ответственному поведению, активному включению в практики ОУР жителей города.

Опыт учреждения образования по реализации проекта вызвал интерес Ассоциации «Образование для устойчивого развития», членом которой СШ № 12 стала в марте 2017 года. В настоящее время на базе школы действует ресурсный центр комплексной поддержки энергоэффективного образа жизни местного сообщества, подана заявка на участие в республиканском инновационном проекте по поддержке практик ОУР.

Список использованных источников

1. Партнерская сеть школ устойчивого развития: межрегиональное сотрудничество и устойчивые изменения [Электронный ресурс] / под ред. Н. Н. Кошель, С. Б. Савеловой // ЧУП «Ризондис», ГУО «Академия последиplomного образования». – Минск, 2014. – Режим доступа: http://earthcharter.org/invent/images/uploads/Kniga_for_WEB_Ver2%20-%20ESD_experience%20in%20Belarus.pdf. – Дата доступа: 24.05.2017.
2. Калинин В. Б. Стратегия образования для устойчивого развития / В. Б. Калинин. // АсЭКО-Информ. – 2001. – № 44.

Bogdan G.A.

IMPLEMENTATION OF INTEGRATED SUPPORT OF ESD PRACTICES IN THE CONTEXT OF THE LONG-TERM PROJECT "TRUE MANAGERS' SCHOOL"

Secondary school N.12 of Grodno (Belarus)

The experience of the institution of education on the implementation of the long-term project "True managers' school" is presented as an effective tool for integrated support of ESD practices. "True managers' school" promotes the goals and principles of sustainable development, an environmentally friendly way of life in the local community.

Keywords: ESD practices (education for sustainable development), project, energy efficiency, environmentally friendly way of life, initiatives.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ У БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Т.А. Бонина, Е.В. Цытрон

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка, Минск

В статье анализируются проблемы экологического образования будущего педагога дошкольного образования, подходы к образовательному процессу, обеспечивающему становление и развитие экологических компетенций.

Ключевые слова: педагог, дошкольное образование, экологическое образование, экологические компетенции, устойчивое развитие.

В настоящее время всё больше государств, в том числе и Республика Беларусь, поддерживает и присоединяется к реализации целей и задач концепции устойчивого развития, согласно которой дальнейшее развитие цивилизации предполагается на основе сохранения природных ресурсов и качества жизни для будущих поколений. Существование человечества и жизнь каждого человека на Земле неразрывно связаны с состоянием биосферы нашей планеты, которое ухудшается вследствие антропогенного воздействия на природу. Человечество закономерно сталкивается с обострением противоречия между ростом потребности в природных ресурсах и ухудшением состояния биосферы, проявляющееся в экологических кризисах и катастрофах.

Взаимное развитие общества и природы российский академик Н.Н. Моисеев назвал принципом коэволюции человека и биосферы [1]. Таким образом, коэволюционное развитие природы и общества является необходимым условием устойчивого развития как самой природы, так и социальной среды. Необходимость выживания человека через устойчивое развитие ставит перед всей системой образования XXI века важнейшую задачу просвещения населения планеты и интеграции человечества перед угрозой глобальной экологической катастрофы.

В рамках Десятилетия ООН по образованию в интересах устойчивого развития (2005-2014 гг.) в 2005 году была разработана Стратегия Европейской экономической комиссии ООН по образованию в интересах устойчивого развития, подписанная Республикой Беларусь. В этих целях в настоящее время в Республике Беларусь действует «Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития на период до 2020 года» [2], а также разработан проект Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2030 года (НСУР—2030) на основе осознанного взаимодействия общества и окружающей среды.

Гармонизация и грамотное управление взаимодействия человека с окружающей средой может быть осуществлено только при условии формирования экологического мировоззрения как общества в целом, так и каждого человека, повышения их экологической культуры и изменения потребительского отношения к природе. Необходимым этапом реализации идей устойчивого развития общества является обеспечение непрерывного системного экологического образования и воспитания населения на всех ступенях обучения: от дошкольных учреждений до высшей школы. Для выполнения поставленных целей необходима подготовка учителей и воспитателей, которые не только владеют глубокими знаниями и эффективными методами обучения и воспитания, но готовы и способны формировать нормы коллективной и индивидуальной экологической безопасности и осознанного бережного отношения к окружающей среде у подрастающего поколения.

За последнее десятилетие в Республике Беларусь в целом сформировалась система эколого-ориентированного образования, осуществляемая государственными учреждениями и общественными организациями экологического профиля. Однако и в системе эколого-

ориентированного и в системе специального экологического образования сохраняется ряд нерешенных проблем [3].

На основе многолетней практики преподавания экологических дисциплин и выводов многих исследователей следует отметить, что в системе высшего педагогического образования по-прежнему сохраняется неоправданно заниженный статус дисциплин экологического цикла, удельный вес которых с каждым годом уменьшается. В последние два года экологическое образование студентов - будущих педагогов – ограничивается только кратким содержанием раздела «Основы экологии и энергосбережения» учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека», изучение которого способно лишь дать первоначальные сведения об экологии, но не позволит полноценно обеспечить эколого-педагогическую подготовку студентов.

Важное значение имеет совершенствование подготовки специалистов и педагогов дошкольного профиля, владеющих эколого-предметными компетенциями формирования начал экологической культуры детей и решения эколого-педагогических задач. В учреждениях дошкольного образования воспитанники получают первичные экологические знания о климате и сезонных изменениях в неживой природе и их влиянии на живые организмы, о животных и растениях своей местности и планеты Земля, овладевают навыками бережного отношения к живой природе на бытовом уровне. Различные аспекты эколого-педагогической подготовки будущих специалистов дошкольного профиля, связанные с формированием экологической культуры, готовности к формированию экологической грамотности детей, рассмотрены в работах Н. В. Кривощёковой, О. О. Прокофьевой, Л. А. Яковлевой и др. Вместе с тем проблема формирования эколого-педагогической компетентности будущих педагогов дошкольного образования остаётся актуальной в связи с недостаточной разработанностью в науке и практике педагогических условий ее эффективного решения.

Авторами на основе оценки уровня экологической грамотности и апробации некоторых методологических подходов в организации учебного процесса разработаны рекомендации по методике и содержанию раздела «Основы экологии и энергосбережения» учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности человека» для студентов факультета дошкольного образования Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка. Результаты исследования методом анкетирования и опроса студентов выявили, что только у 4% респондентов достаточно высокий уровень экологических знаний, у 61% - удовлетворительный и у 35% - низкий уровень. Первичное анкетирование выявило достаточно низкий уровень экологической культуры и экологического сознания студентов с преобладанием потребительского отношения к природе. Большинство опрошенных студентов считают, что охрана природы и окружающей среды – дело специалистов и только незначительная часть признаёт значение личного участия в решении данных проблем. Уровень экологической грамотности студентов практически полностью коррелирует с уровнем экологического сознания и признания личной ответственности каждого человека за экологическую ситуацию на планете. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что осознание важности сохранения природы и реальности угрозы глобальных экологических катастроф в результате неразумной деятельности человека непосредственно зависит от уровня знаний о закономерностях взаимосвязей в природе.

Проведенный анализ явился предпосылкой для организации учебного процесса по повышению уровня эколого-педагогической подготовки студентов и стал обоснованием необходимости обновления содержания и методологии экологического образования студентов факультета дошкольного образования.

Авторами были разработаны учебно-методические материалы для проведения лекционных и семинарских занятий с практико-ориентированной направленностью и учётом специфики профессиональной деятельности специалистов в области дошкольного образования. Наиболее успешным и результативным на основе итогового анкетирования по

окончании курса студентов был признан метод проектов и применение конкретных обучающих технологий дошкольного образования при рассмотрении вопросов курса «Основы экологии и энергосбережения» на семинарских занятиях. Наиболее целесообразными для метода проектов признаны следующие темы учебного плана дисциплины: «Экология питания», «Экология жилища», «Основы энергосбережения» и др. В рамках данных тем были представлены следующие студенческие проекты: «Проблема чистой питьевой воды», «Воздух в моем городе», «Проблема утилизации отходов», «Энергетическая проблема в современном мире», «Энергосбережение в быту», «Заповедное дело в Республике Беларусь» и др. Для презентации проектов были использованы и апробированы методы визуализации с ориентацией на уровень восприятия информации детьми дошкольного возраста. Например, разработки детских плакатов по темам проектов «Экологические проблемы глазами детей». Разработанные проекты легли в основу портфолио каждого студента с целью их дальнейшего применения в будущей профессиональной деятельности.

В результате итогового анкетирования большинство студентов признали неоспоримую важность полученных знаний, а также необходимость повышения своей экологической грамотности и экологической культуры. Важным показателем эколого-педагогической компетентности и ее движущей силой становится, в первую очередь, уровень экологической культуры и экологического сознания самого педагога, проявляющийся в глубокой заинтересованности в экологическом воспитании дошкольников и осознанном включении в различные формы дошкольного образования и воспитания содержание экологической направленности. Однако, в связи с несформированностью профильных педагогических компетенций, у первокурсников отмечается низкий уровень осознания важности применения общедидактических принципов (научности, доступности, наглядности, системности и систематичности и др.) для решения этих задач. Изучение данных принципов предусмотрено при изучении курсов педагогики и частных методик. Поэтому формирование экологических компетенций будущих педагогов дошкольного образования, следовательно, и осуществление реализации идей образования для устойчивого развития, возможно и эффективно лишь на системной междисциплинарной основе.

Список использованных источников

1. Моисеев, Н. Н. Время определять национальные цели / Н. Н. Моисеев. – М. : Изд-во МНЭПУ, 1997. – 256 с.
2. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Национальная комиссия по устойчивому развитию Республики Беларусь; ред- кол. : Я. М. Александрович [и др.]. – Минск : Юнипак. – 200 с.
3. Стратегия устойчивого развития Беларуси: экологический аспект / Е. А. Антипова [и др.]. – Минск : ФУАинформ, 2014. - 336 с.

Bonina T.A., Tsytron E.V.

THE FORMATION OF ECOLOGICAL COMPETENCES OF THE FUTURE PRESCHOOL TEACHER

Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University (Belarus)

In article problems of ecological education of future teacher of preschool education, approaches to the educational process providing formation and development of ecological competences are analyzed.

Keywords: teacher, preschool education, ecological education, ecological competences, sustainable development.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА МНОГОГРАННИКА ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

В.В. Гордийчук, Т.В. Смирнова

*Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, Минск*

Предложен и обоснован метод вычисления объема пересечения объектов при построении расчетной сетки в задачах моделирования геологической структуры грунтов.

Ключевые слова: расчетная сетка, объем многогранника.

Введение. Первостепенным и важным элементом любого строительства, сейсморазведки является этап исследования структуры грунтов. Любые натурные эксперименты здесь являются затратными и по времени, и по ресурсам. Математическое и компьютерное моделирование существенно снижают затраты, ускоряют процесс проведения этапа, результаты расчетов зачастую помогают предотвратить ошибки. Но готовые программные комплексы предоставляют слишком общую информацию, требуют много входной информации, в отсутствие которой неизбежно упрощение модели и огрубление конечных результатов.

В работе предлагается оригинальный алгоритм вычисления объема фигуры, получаемой при дискретизации расчетной сетки в задачах реконструкции структуры грунтов по данным бурения геологических скважин. Введем следующие определения:

- ААВВ (англ. *axis-aligned bounding box*, «параллельный осям ограничивающий параллелепипед») – параллелепипед, ограничивающий некоторый геометрический объект в пространстве, со сторонами, параллельными координатным осям;
- многогранник – замкнутая полигональная поверхность без самопересечений и внутренних стенок.

Разработанный метод применим для построения регулярных конечно-разностных пространственных сеток, параллельных координатным осям. В предположении неизменности пространственной сетки строится максимально точная (относительно некоторого физической величины) дискретная модель исходного многогранника. В качестве ключевого фактора при построении расчетных сеток был выбран объем исходного многогранника в каждой из ячеек расчетной сетки, и разработан метод вычисления объема пересечения многогранника и ограничивающего его параллелепипеда ААВВ.

Постановка задачи.

Дано: регулярная прямоугольная сетка G , параллельная координатным осям (1, рисунок 1), и исходный многогранник P (2, рисунок 1). Число ячеек расчетной сетки обозначим N , число граней многогранника – M .

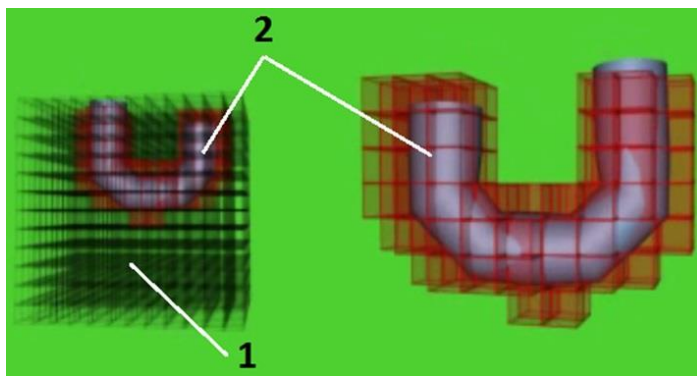


Рисунок 1 – Многогранник и прямоугольная сетка

Необходимо: вычислить объем исходного многогранника в каждой ячейке расчетной сетки.

Итак, для вычисления объема любого тела (многогранника) можно разбить его на простые фигуры (пирамиды) и подсчитать сумму их объемов. Для качественной дискретизации исходного многогранника регулярной расчетной сеткой размер ее ячеек должен быть мал (рисунок 2). Вычислительная сложность задачи линейно зависит от произведения числа ячеек и граней, и составляет $O(MN)$. На практике такая вычислительная сложность может быть неприемлемой, и позволит обрабатывать лишь сравнительно простые объекты для небольшого числа ячеек (например, 1000 полигонов \times 100 000 ячеек).

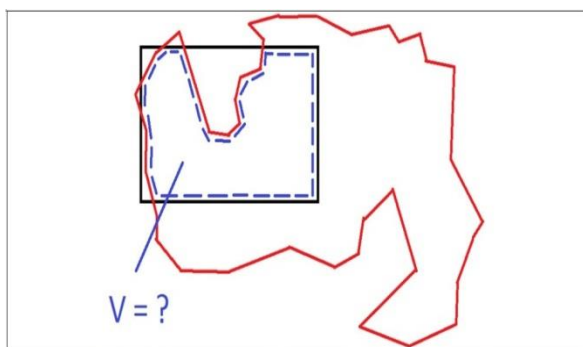


Рисунок 2 – Объект, объем которого надо определить

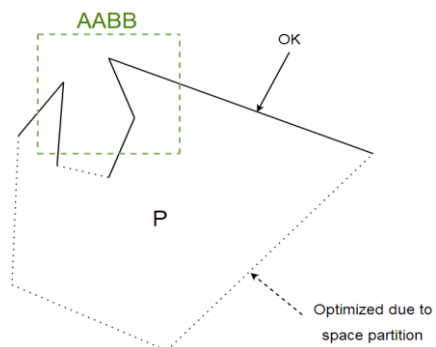


Рисунок 3 – Вычисление объема пересечения *AABB* и многогранника в условиях пространственной оптимизации

Существует возможность оптимизировать вычисления, исходя из следующего предположения: среднее число граней, пересекающихся с ячейкой M^* , во много раз меньше числа граней M . Если данное предположение корректно, имеет смысл минимизировать множество обрабатываемых граней, ограничиваясь теми, которые пересекают текущую ячейку сетки. Минимизация количества обрабатываемых граней сокращает вычислительную сложность до величины $O(M^*N)$, где $0 \leq M^* \ll M$. Как показала экспериментальная реализация данного метода в рамках САЕ-системы Frost 3D [1], среднее число граней, пересекающихся с ячейкой, на 2-3 порядка ниже числа граней исходного многогранника. Более того, данный показатель растет по мере увеличения количества расчетных ячеек.

Но численная реализация метода возможна при следующих условиях:

- 1) обоснование метода минимизации множества обрабатываемых граней;
- 2) разработка алгоритма вычисления объема пересечения многогранника и ограничивающего его параллелепипеда *AABB* (ячейки регулярной сетки) на основании данных о гранях только в области пересечения (рисунок 3).

Для минимизации множества обрабатываемых граней могут применяться различные методы. Многие современные САД/САЕ-системы по умолчанию реализуют *space partitioning* – разбиение пространства на подобласти и хранение соответствующей информации о подобластях в специальных структурах. При таком способе получение информации о гранях вблизи каждой из ячеек имеет низкую вычислительную сложность.

Метод вычисления объема пересечения многогранника и *AABB*.

Основная идея метода заключается в следующем: исходный многогранник отсекается плоскостями *AABB*, при этом отслеживается контур пересечения поверхности и *AABB*. Полученный контур пересечения поверхностей, отсеченная поверхность многогранника и поверхность *AABB* предоставляют информацию, объем которой достаточен для построения новой замкнутой поверхности, которая ограничивает пространство пересечения многогранника и *AABB*. Для сокращения вычислительной сложности используются приемы, которые позволяют вычислить объем новой замкнутой поверхности, не проводя её реконструкцию. Предполагаем, что геометрия объекта представляет собой связанный набор

треугольников с определенными правилами их обхода (или нормалью). Набор можно организовать в виде массива, каждый элемент которого хранит информацию о ячейке сетки.

Алгоритм реализуется следующими шагами:

1. Исходная поверхность многогранника отсекается плоскостями ААВВ, поочередно каждой из шести плоскостей.
2. На плоскость ХоУ проецируются все полигоны, входящие в отсеченную треугольную сетку. Каждый из треугольников лежит в основании многогранника, объем которого может быть вычислен как сумма объемов образующих пирамид.
3. В зависимости от направления нормали частные объёмы входят в общую сумму со своими знаками, определяемыми по скалярному произведению нормали треугольника и вектора с положительным направлением к оси Z (рисунок 4).
4. Вычисляется площадь сечения, образованного верхней гранью сетки.
5. Вычисляется суммарный объем под поверхностью с учетом того, что необходимо построить замыкание фигуры, объем которой рассчитывается. В разработанном алгоритме замыкание строится только для верхней грани (рисунок 5), поскольку проекции остальных граней дают нулевой вклад в объем.

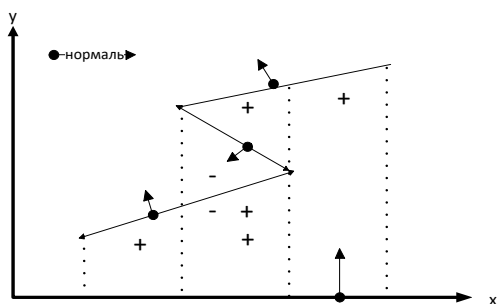


Рисунок 4 – Расстановка знаков при вычислении объема

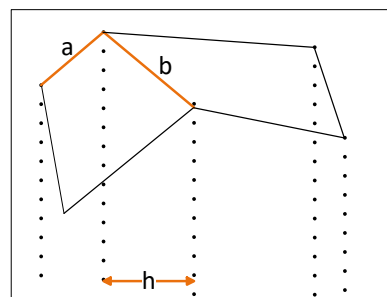


Рисунок 5 – Элементы, участвующие в расчете площади двумерного полигона

Заключение. Предложенный метод был разработан и реализован в виде программного модуля. Проведены многочисленные испытания и внедрение в программный комплекс для моделирования теплофизических процессов с учетом фазовых переходов в многолетнемерзлых грунтах Frost 3D Universal [1]. Предложенный метод обладает высокими показателями производительности. Даже на одном ядре центрального процессора (тактовая частота – 3 GHz) данный метод позволяет выполнять дискретизацию многогранников, включающих сотни тысяч граней с помощью сеток, содержащих десятки миллионов узлов, менее чем за 10 минут. Еще одним потенциальным преимуществом данного метода является возможность распараллеливать процесс расчета.

Список использованных источников

1. Frost 3D Universal [Электронный ресурс] Режим доступа: www.simmakers.ru.

Gordiychuk V.V., Smirnova T.V.

ALGORITHMS FOR DETERMINING THE SCOPE OF THE MULTIFACETED FOR GEOLOGICAL MODELING

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University (Belarus)

The method for calculating the volume of intersection of the objects in the construction of computational meshes for modeling geologic structure groundwater is proposed and justified.

Keywords: computational grid, polyhedron volume.

А.Д. Гриб, В.А. Рыбак*Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов, Минск*

В статье дается определение понятию "зеленой" экономики и доказывается важность развития «зеленой» экономики в интересах устойчивого развития, а также раскрываются направления деятельности по формированию «зеленого» мировоззрения молодых граждан страны.

Ключевые слова: «зеленая» экономика, устойчивое развитие, «зеленое» мировоззрение.

В современных условиях качественно новым образом решается проблема эколого-экономической безопасности страны, устойчивого социально-экономического развития, а также использования человеческих возможностей в сфере рационального природопользования.

Так, возникновение феномена «зеленой» экономики связано с тем, что современный технологический уклад является экорасточительным и далеким от выполнения принципов устойчивого развития. Естественно, что его следствием становятся многочисленные эколого-экономические проблемы [1].

Изучив различные подходы к определению сущности этого феномена, можно говорить о том, что «зеленая» экономика – это хозяйственная деятельность, нацеленная на экономический рост и социальное развитие, основанная на разработке, производстве и эксплуатации технологий и оборудования рационального природопользования, а также мониторинга и прогнозирования климатических изменений.

По мнению многих экспертов, концепция «зеленой» экономики должна рассматриваться в увязке с более широкой концепцией устойчивого развития.

Так, в итоговом документе конференции ООН «Рио+20» (2012г.) «Будущее, которого мы хотим» «зеленая» экономика сводится к устойчивому развитию, т.е. к способности рационально использовать природные ресурсы с меньшими отрицательными последствиями для окружающей среды, повышению эффективности использования ресурсов и уменьшения количества отходов.

Надо заметить, что концепция «зеленой» экономики не заменяет собой концепцию устойчивого развития. Однако Т.Д. Макарецкая [1] считает, что сейчас все более распространено признание того, что достижение устойчивости почти полностью зависит от создания правильной экономики.

Устойчивость, по мнению А.В. Червякова [3], подразумевает модель экономического развития, обеспечивающего рост благосостояния и удовлетворение потребностей живущих людей, а также одновременное сохранение природной среды в том виде, который позволит будущим поколениям удовлетворять свои потребности.

Новый аспект понимания экономического устойчивого развития выдвинул О.С. Пчелинцев [4]. Он предложил трактовать его как переход от экономики использования ресурсов к экономике их системного воспроизводства, что связывалось им с обустройством территории и развитием инфраструктуры. Хотя, на наш взгляд, на сегодняшний день человечество не обладает необходимыми средствами и технологиями для воспроизводства, например, нефти или драгоценных металлов.

Интересным представляется мнение Т.А. Савицкой [5], которая говорит, что «зеленая» экономика – это, по сути, практический подход к достижению устойчивого развития, то есть указание пути, который позволит сформировать экономику завтрашнего дня.

Примечательно, что Т.Д. Макарецкая [1] считает, что возникновение феномена «зеленой» экономики связано с тем, что современный технологический уклад является экорасточительным и далеким от выполнения принципов устойчивого развития. Естественно,

что его следствием становятся многочисленные экономические, экологические и социальные проблемы.

Для преодоления существующих проблем перед сообществом стоит ряд задач по обеспечению устойчивого развития в области экологии. Основными из них являются «снижение негативного воздействия на окружающую среду и улучшение ее качественного состояния, а также восстановление нарушенного экологического равновесия» [6].

Для достижения поставленных задач, сообществу каждой страны предстоит серьезная работа по формированию «зеленого» мировоззрения своих граждан.

«Зеленое» мировоззрение целесообразно формировать посредством экологического образования с его направленностью на воспитание ответственного отношения к окружающей среде, которое должно являться стержнем и обязательной составной частью воспитания молодежи.

Работу в данной области необходимо вести по следующим направлениям:

- ✓ формирование целостного представления о природном и социальном окружении как среде жизни, труда и отдыха человека;
- ✓ развитие умения воспринимать окружающий мир посредством органов чувств, познавательного интереса, способности к причинному объяснению при анализе факторов и явлений окружающей среды;
- ✓ обучение методам познания окружающего мира;
- ✓ воспитание эстетического и нравственного отношения к среде жизнедеятельности человека, умения вести себя в ней в соответствии с общечеловеческими нормами морали.

Результатом реализации этих мер станет развитие такой экономики, «которая приведет к повышению благосостояния людей и укреплению социальной справедливости при одновременном существенном снижении рисков для окружающей среды и дефицита экологических ресурсов, экономики с низким уровнем загрязнения окружающей среды и эффективным использованием природных ресурсов» [6].

Список использованных источников

1. Макарецкая, Т. Д. «Зеленая экономика» как основа устойчивого развития государства / Т. Д. Макарецкая // Науч. тр. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. – Минск, 2013. – Вып. 15, ч. 1. – С. 262–269.
2. Червяков, А. В. «Зеленая» экономика – новая концепция устойчивого развития / А. В. Червяков, И. А. Грибоедова // Экон. бюл. Науч.-исслед. экон. ин-та М-ва экономики Респ. Беларусь. – 2012. – № 4. – С. 6–13.
3. Пчелинцев, О. С. Региональная экономика в системе устойчивого развития = Regional economy in the system of sustainable development / О. С. Пчелинцев. – М. : Наука, 2004. – 257 с.
4. Савицкая, Т. А. «Зеленая» химия – образовательная платформа для «зеленой» экономики Республики Беларусь / Т. А. Савицкая, И. М. Клименко, Д. Д. Гриншпан // Выш. шк. – 2014. – № 4. – С. 11–15.
5. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь ; редкол.: Л. М. Александрович [и др.]. – Минск : Юнипак, 2004. – 202 с.
6. Шимова, О. С. Оценка эффекта декарпинга для мониторинга «зеленой» экономики / О. С. Шимова // Белорус. экон. журн. – 2012. – № 2. – С. 71–83.

Hryb A.D., Rybak V.A.

"GREEN" ECONOMY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT Central research institute for complex use of water resources (Belarus)

The article defines the concept of "green" economy and proves the importance of the development of "green" economy for sustainable development, and also reveals the directions of activities to form a "green" outlook among young people.

Keywords: "green" economy, sustainable development, "green" world view.

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ УЧАЩИХСЯ ЧЕРЕЗ ЭФФЕКТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО УРОКА

А.А. Дутковская

«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» Лидский колледж, Лида

В современных условиях качество экологического образования и воспитания приобретает все большую значимость. Наиболее действенным средством экологического воспитания является разнообразная деятельность учащихся на уроках. Именно уроки биологии дают возможность развивать у учащихся масштабное сознание, сформировать системно-логическое мышление посредством различных активных методов.

Ключевые слова: экологическая культура, деятельность учащихся, активные методы, формы, приемы.

Модель образования 21 века при решении задач инновационного развития должна претерпеть кардинальную трансформацию и максимально ориентироваться на решение проблем, направленных на уровень образования учащихся [1].

Деятельность преподавателя как центрального звена образования, должна быть ориентирована не на воспроизводство человека прошлого, а на производство человека настоящего и будущего, способного действовать на опережение.

В современных условиях качество экологического образования и воспитания приобретает все большую значимость, ведь его улучшением должно стать улучшение окружающей среды человека и рациональное использование ресурсов.

Необходимость инновационного развития ориентирует преподавателя на формирование целостной личности, воспитанной на основе современной экологической культуре. Экологическое образование, с этой точки зрения, должно представлять собой динамично управляемую опережающую и непрерывную систему, которая предвидела бы и удовлетворяла потребности настоящих и будущих поколений. Определенные ситуации в мире, свидетельствуют о неизбежности постановки проблемы качественного преобразования старых ценностей, формирование принципиально новых идеалов. Но при новых условиях ответственность получает два тесно связанных значения: ответственность перед нынешним поколением и будущим поколением, и ответственность за сохранение жизни и возможность удовлетворения основных потребностей. Ближайшей целью для экологического воспитания является культивирование через преподавателя новой этики не только социальной и духовной [2].

Особенно важна подготовка педагогического персонала, способного выполнять поставленные задачи в преподавании дисциплин. Так как, наша задача подготовить воспитателей дошкольных учреждений и учителей начальных классов, которые дают первоначальные знания нашим детям, и на них строится фундамент знаний ребенка. На начальном этапе образования главным является научить ребенка культуре в полном смысле этого слова.

На уроках природоведения и биологии у учащихся формируются убеждения, что Природа – целостная саморегулирующаяся система. Преподавателю важно при этом дать учащимся по возможности наиболее полное представление об экологических законах и закономерностях существования и формирования биологических систем всех уровней.

Исходя из этого, в своей работе, для достижения экологической культуры, применяю различные формы и методы при планировании занятия. Учащиеся принимают участие в конкурсах, проводятся игры, познавательные уроки-лекции, уроки-семинары, «круглые столы», анализ научной литературы, дебаты, экскурсии, походы и др.

Правильно подобранные методы, приемы, технологии, помогают сделать урок эффективным и интересным.

Для этого на своих уроках применяю разнообразные формы работы с учебником, что дает возможность научиться добывать знания самостоятельно. Помощником в этой работе может служить обычный школьный учебник. Как правило, учебник используется для закрепления и повторения материала дома. Но работа с учебником именно на уроке, под руководством преподавателя, позволяет использовать его не только как источник информации, но как и средство для формирования учебных навыков. Таких, как умение самостоятельно получать знания, находить и выделять главное, систематизировать и фиксировать мысли в виде планов, конспектов, схем, таблиц и опорных конспектов, которые облегчают формирование приемов сравнения и обобщения.

Правильное использование всех форм работы на занятии прививает интерес учащегося к дисциплине и освоению определенных навыков, которые им нужны в профессиональной деятельности. Особенно это характерно для учащихся старших курсов. Представленную форму работы с учебником они используют при подготовке уроков на педагогической практике.

Помимо общетеоретической подготовки, особое внимание уделяется формированию естественнонаучного мировоззрения учащихся, гармонизации взаимоотношений человека с окружающей средой, в том числе с социумом, формированию гражданской ответственности каждого человека за будущее человечества как биологического вида. Именно уроки биологии представляют замечательную возможность развивать у учащихся масштабное сознание, сформировать системно-логическое отношение к действительности. Экологические знания нужны каждому человеку, в какой бы области человеческой деятельности он ни занимал место. Вот почему и возникла необходимость в исследовании оптимальных условий для формирования экологической культуры. Методы и средства осуществления формирования экологической культуры на уроках биологии. В своей практике использую уроки деятельностной направленности, которые по целеполаганию можно распределить на четыре группы: 1. уроки «открытия» нового знания; 2. уроки рефлексии; 3. уроки общеметодологической направленности; 4. Уроки развивающего контроля.

На уроках использую традиционные; активные, инновационные методы. Так же методы, используемые в экологическом образовании, можно разделить по трем группам: методы формирования стратегий и технологий взаимодействия с природой. методы формирования экологических представлений, методы формирования субъективного отношения к природе. Разбиение учебного процесса на уроки разных типов в соответствии с ведущими целями не должно разрушать его непрерывности, а значит, необходимо обеспечить инвариантность технологии обучения. Поэтому при построении технологии организации уроков разных типов должен сохраняться деятельностный метод обучения и обеспечиваться соответствующая ему система дидактических принципов как основа для построения структуры и условий взаимодействия между преподавателем и учащимся. Для построения урока в рамках нового поколения важно понять, какими должны быть критерии результативности урока, вне зависимости от того, какой типологии мы придерживаемся. Наиболее действенным средством экологического воспитания формирования экологической культуры является разнообразная деятельность учащихся (учебная, познавательная, художественная, творческая, игровая) [3]. Как средства экологического образования важны различные наглядные пособия. Они, прежде всего, способствуют наглядности изложения экологического материала. Также благодаря ним во многом создаётся графический образ мира. В целях воспитания современного человека

способного адаптироваться в индустриальном обществе с высокими экологическими принципами на уроках можно использовать технологии проектного обучения. Экологический проект представляет программу мероприятий, позволяющих изучить одну или несколько экологических проблем, предложить пути их решения и практическими делами содействовать их реализации. К формам формирования экологической культуры можно отнести так же следующие: экологические игры, сообщения и рефераты, рисунки и плакаты, выполненные учениками, экологические спектакли и т.д. - те технологические приёмы, которые, во-первых, в наибольшей степени отвечают потребностям и возможностям учащихся, а во-вторых, позволяют изменить потребительское отношение учащихся к природе. Важно на уроке использовать различные виды рефлексивно-оценочных действий, которые в экологическом образовании имеют самостоятельное значение, поскольку выбор варианта действия, его оценка, принятие решения, готовность нести за него ответственность – все это составляет специфику экологически ориентированной деятельности. Современное общество характеризуется стремительным распространением коммуникационных сетей, технических инноваций, многие из которых подчас предваряют свое время. Сейчас уже становится ясным, что адаптация личности в той среде, в которой она осуществляет свою жизнедеятельность, – весьма непростой процесс. Но не стоит забывать и о влиянии окружающей среды на адаптацию человека. Степень развития современного общества зависит и от экологической обстановки природы. Из этого следует, что интеллектуальное развитие личности должно осуществляться параллельно с экологическим воспитанием.

Список использованных источников

1. Старшикова, Л.В. Экологическое образование как один из важнейших аспектов патриотического воспитания / Л.В. Старшикова, М.В. Ковальчук // Актуальные проблемы экологии: материалы 1 Международ. Конф.; 6-8-октября 2004 г.,-Гродно: ГрГУ, 2005, - С. 65-66.
2. Сипач В.А. Использование современных информационных технологий в экологическом образовании учащихся / В.А. Сипач // Экологические проблемы западного региона Беларуси: Сб. науч. статей / ГрГУ. – Гродно, 2007. – С. 56-60.
3. Тешко А.А. Формирование экологической культуры учащихся на уроках и во внеурочной деятельности / А.А. Тешко // Формирование экологической культуры личности как педагогическое взаимодействие: опыт и перспективы развития: материалы республиканской научно-практической конф.; Минск 2012. – С. 95-96.

Dutkouskaya A.A.

DEVELOPMENT OF STUDENTS' ENVIRONMENTAL CULTURE THROUGH EFFECTIVE BUILDING OF A MODERN LESSON

Yanka Kupala Grodno State University, Lida college (Belarus)

Nowadays the quality of environmental education and upbringing is increasingly important. The most effective means of environmental education is the diverse activities of children in the classroom. It is the lessons of biology that make it possible to develop an expanded consciousness among students, to form a system-logical relation to reality through active methods.

Keywords: ecological culture; children's activities; active methods, ways, practices.

ЗНАЧЕНИЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ АКАДЕМИКА Г.А. ЗАВАРЗИНА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ

Н.Н. Колотилова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Академик РАН Георгий Александрович Заварзин (1933-2011), выдающийся микробиолог и естествоиспытатель, основатель природоведческой микробиологии внес большой вклад в развитие экологического мировоззрения. Он подчеркивал центральную роль микроорганизмов, прежде всего, прокариот, в эволюции и современном функционировании биосферы. Такой микроцентрический взгляд (в противовес антропоцентризму) ведет к переоценке многих традиционных экологических представлений.

Ключевые слова: природоведческая микробиология, микробное сообщество, прокариотная биосфера, какосфера.

Актуальность экологической тематики и необходимость решения назревших экологических проблем давно уже не вызывают сомнений. Однако интерпретация этих проблем и подходы к их решению у специалистов разного профиля различаются и, в частности, определяются системой ценностей (например, антропоцентрическим или биоцентрическим взглядом на мир). В связи с этим представляется важным вновь обратиться к научному наследию выдающегося микробиолога и естествоиспытателя, академика РАН Георгия Александровича Заварзина (1933-2011). Его труды в области природоведческой и глобальной микробиологии [1-3] оказали основополагающее влияние на развитие экологического мировоззрения и, соответственно, экологического воспитания. В последние годы были переизданы многие из его публицистических, философских и естественнонаучных работ, составивших сборники «Какосфера» и «Избранные труды» [4, 5].

Необходимо, в частности, обратить внимание на программную статью «Антипод ноосферы», открывающую сборник [4]. Термин «какосфера» был предложен для обозначения разрушения биосферы отбросами человеческой деятельности и замены природных ландшафтов антропогенными. Эпатирующий термин «какосфера» представляет антитезу ноосфере – царству разумного единения человечества со всей средой обитания в целях процветания. В более широком смысле под какосферой можно рассматривать тенденцию к самоуничтожению вследствие неспособности предвидеть последствия своей деятельности, обусловленной сиюминутными потребностями и эгоизмом», – писал автор, пронзительными словами предупреждая об опасности экологической катастрофы [4].

Г.А. Заварзин вошел в историю науки как создатель природоведческой микробиологии, или микробиологии естественных сред обитания – самостоятельного нового направления науки, являющегося также продолжением и творческим переосмыслением научных традиций крупнейших естествоиспытателей: С.Н. Виноградского, Б.Л. Исаченко, А. Гумбольдта и других. С позиций системного подхода в ней рассматриваются коренные вопросы организации, функционирования и истории биосферы, главными движущими агентами которой являются микроорганизмы, «создавшие биосферу» и контролирующие сегодня важнейшие процессы и циклы элементов в природе.

Центральным объектом природоведческой микробиологии является микробное сообщество как система организмов, основанная, прежде всего, на принципе кооперации. Значимость кооперации как важнейшего принципа жизни подчеркнута в афористическом названии «Анти-Рынок в природе» [5]. Трофическая и топическая структура микробного сообщества подробно исследована Г.А. Заварзиным на примере так называемых «реликтовых сообществ», существующих в экстремальных местообитаниях, недоступных высшим организмам и представленных почти исключительно прокариотами. Это позволило провести аналогию с древнейшими экосистемами докембрия, когда биосфера была по сути «бактериосферой», и имело решающее значение для развития представлений о циано-

бактериальных сообществах как стволовой линии эволюции биосферы, о коэволюции биосферы и геосферы, об аддитивной эволюции [6].

Идеи Г.А. Заварзина о роли микроорганизмов в «биогеохимической машине планеты» во многом базировались на взглядах С.Н. Виноградского, открывшего хемосинтез и показавшего значение микроорганизмов как катализаторов химических процессов в природе, т.е. фактически вскрывшего механизм функционирования биосферы. «Уберите хемосинтез из вашего понимания природы. Вместе с ним из сознания исчезают циклы азота, серы, железа, исчезает воздействие биоты на микрокомпонентный состав атмосферы, исчезает ранний диагенез осадочных горных пород, – писал Г.А. Заварзин в книге, посвященной жизни и анализу научного творчества С.Н. Виноградского [7]. – Открытие Виноградского стало началом, из которого многими поколениями было выращено современное понимание биосферы, как независимого от нас мира, в котором мы появились и который превратили в свою среду обитания. Оно дало картину мира как единой динамической системы, где микроорганизмы служат катализаторами специфических реакций». Г.А. Заварзин чрезвычайно много сделал для увековечения имени С.Н. Виноградского – основателя русской микробиологической школы, создателя экологической микробиологии, «гения естествознания» [8]. Не случайно анализу развития идей великого ученого посвящена и последняя книга Г.А. Заварзина [6], ставшая его научным завещанием.

Если следствием открытий С.Н. Виноградского было понимание существования независимого от нас мира микробов, то исследования Г.А. Заварзина привели к идее о центральной роли микробного мира в жизни на Земле. Смене приоритетов в естествознании, была посвящена последняя лекция Георгия Александровича [9]. Микроорганизмы создали первичную биосферу, следовательно, именно микробная система должна находиться в центре внимания естествоиспытателей (кстати, Г.А. Заварзин впервые поставил и вопрос о заповедниках для микробов). Вывод о центральном месте микробиологии в естествознании имеет мировоззренческий характер. Научные взгляды Г.А. Заварзина стали основой «микробоцентрического» мировоззрения, многие его концепции могут быть отнесены не только к микробному миру, но имеют общенаучное, философское и социальное значение.

Список использованных источников

1. Заварзин Г.А. Бактерии и состав атмосферы. М.: Наука, 1984. 122 с.
2. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. М.: Книжный дом «Университет», 2001. 256 с.
3. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003, 2004. 348 с.
4. Заварзин Г.А. Какосфера. Философия и публицистика. М. Ruthenica, 2011. 460 с.
5. Заварзин Г.А. Избранные труды. М.: МАКС Пресс, 2015. 512 с.
6. Заварзин Г.А. Эволюция прокариотной биосферы: «Микробы в круговороте жизни». 120 лет спустя: Чтение им. С.Н.Виноградского. М.: МАКС Пресс, 2011. 144 с.
7. Заварзин Г.А. Три жизни великого микробиолога. Документальная повесть о Сергее Николаевиче Виноградском. М.: Книжный дом «Либроком», 2008. 280 с.
8. Заварзин Г.А. Гений естествознания. К 150-летию со дня рождения почетного члена АН СССР С.Н.Виноградского // Вестник РАН. 2006. Т.76. №1. С.722-731.
9. Заварзин Г.А. Микробиология как центральная биологическая дисциплина. М.: МАКС Пресс, 2011. 20 с.

Kolotilova N.N.

THE SIGNIFICANCE OF THE SCIENTIFIC HERITAGE OF ACADEMICIAN G.A. ZAVARZIN FOR THE ECOLOGICAL EDUCATION Moscow State University (Russia)

Academician G.A. Zavarzin (1933-2011), the eminent microbiologist and naturalist, founder of the so-called microbiology of the natural habitats played an important role in the development of the ecological world view. He stressed the central role of microorganisms, mainly prokaryotes, in the evolution and modern functioning of the biosphere. Such microbocentric (and not anthropocentric) conception changes many traditional ecological points of view.

Keywords: microbiology of the natural habitats, microbial community, prokaryotic biosphere, cacosphere.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ СПЕЦКУРСА “АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДАННЫХ”

Г.П. Куканов

*Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета, Минск*

Работа посвящена исследованию данных о радиоактивном загрязнении территорий для обучения студентов в курсе по анализу пространственно-распределенных данных. Рассматривается решение для точечного кригинга. Подтверждается оправданность перешкалирования исходных данных логарифмированием. Демонстрируется важность оценки поведения дисперсии пространственно разделенных измерений.

Ключевые слова: многомерные данные, статистические методы, полудисперсия, кригинг.

Актуален вопрос выбора данных для решения задач на специализированных дисциплинах. Использование данных, полученных в полевых исследованиях, позволяет более полно продемонстрировать возможности статистических методов.

Работа посвящена исследованию данных о радиоактивном загрязнении территории Полесского заповедника. Исходные данные $z(x,y)$ представлены в виде 2892 измерений активности Cs137 (Ci/km^2) в точках, заданных значениями долготы и широты. Эти данные используются для решения задач интерполяции данных в рамках спецкурса “Анализ пространственно-распределенных данных”. Помимо рассмотрения непосредственно данных рассматривается перешкалирование исходных данных логарифмированием.

Основное внимание уделяется пониманию принципов, лежащих в основе метода интерполяции. Для решения задачи методом кригинга таким понятием несомненно является полудисперсия [1]. Полудисперсия $\gamma(h)$ определяется через ожидаемое квадрата отклонения двух значений функции z в двух произвольных точках пространства, разделенных расстоянием h

$$\gamma(h) = E((z - z_h)^2).$$

Функция полудисперсии показывает, как ведёт себя дисперсия в данных при увеличении расстояния между точками, на которых задана функция и соответственно, как изменяется корреляция между данными. В большинстве случаев с увеличением расстояния дисперсия будет увеличиваться вследствие уменьшения корреляции в данных. По поведению полудисперсии выявляются периодичности в исходных данных, нестационарность данных и др.

Экспериментальная полудисперсия вычисляется путем усреднения квадратов отклонения значений функции для всех возможных пар точек измерения на заданном расстоянии h . На рис.1 представлена полудисперсия рассчитанная на основе экспериментальных данных непосредственно для значений функции z и для значений логарифмов z .

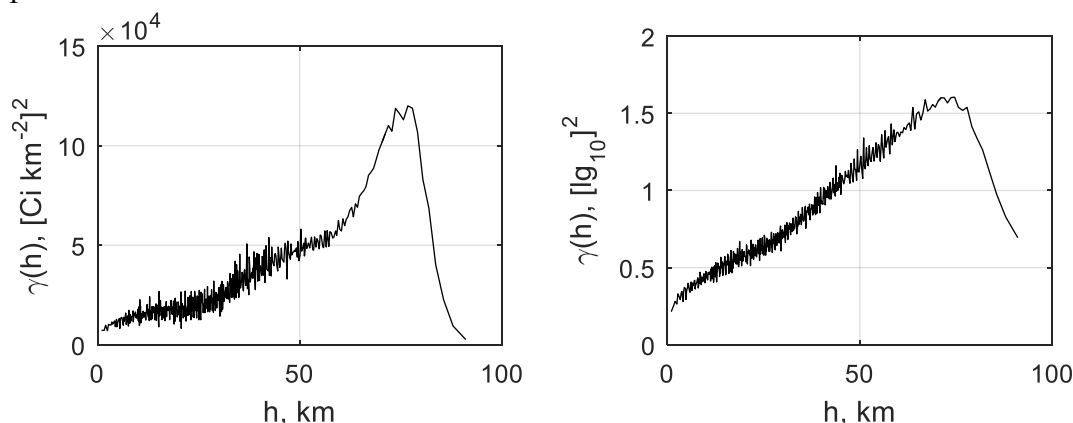


Рисунок 1 – Экспериментальная полудисперсия $\gamma(h)$ рассчитанная для значений функции $z(x,y)$ (слева) и значений логарифмов z (справа)

На основании рассчитанной полудисперсии можно сделать ряд интересных выводов о природе данных. Резкое снижение дисперсии в данных на расстояниях порядка 90 км легко объясняется тем фактом, что область измерений ограничена этим расстоянием и на краях области отсутствуют значительные загрязнения, а, следовательно, дисперсия в данных на границах области незначительна. Примечательно, что дисперсия ненулевая и для точек измерения на расстоянии 0. Это значение представляет собой дисперсию приборов регистрации. Таким образом, построение экспериментальной функции полудисперсии позволяет, используя корреляцию в исходных данных определить точность приборов измерения даже при отсутствии повторных измерений в одинаковых точках.

Следующим этапом является решение задачи кригинга [2] для интерполяции данных. Используется решение для точечного и универсального кригинга. Решение для точечного кригинга приводится на рис.2. Рассматривается, как для интерполяции в заданной точке пространства вычисляются весовые значения исходных измерений. Помимо нахождения наиболее вероятного значения интерполированной функции метод кригинга позволяет вычислить ошибку интерполяции.

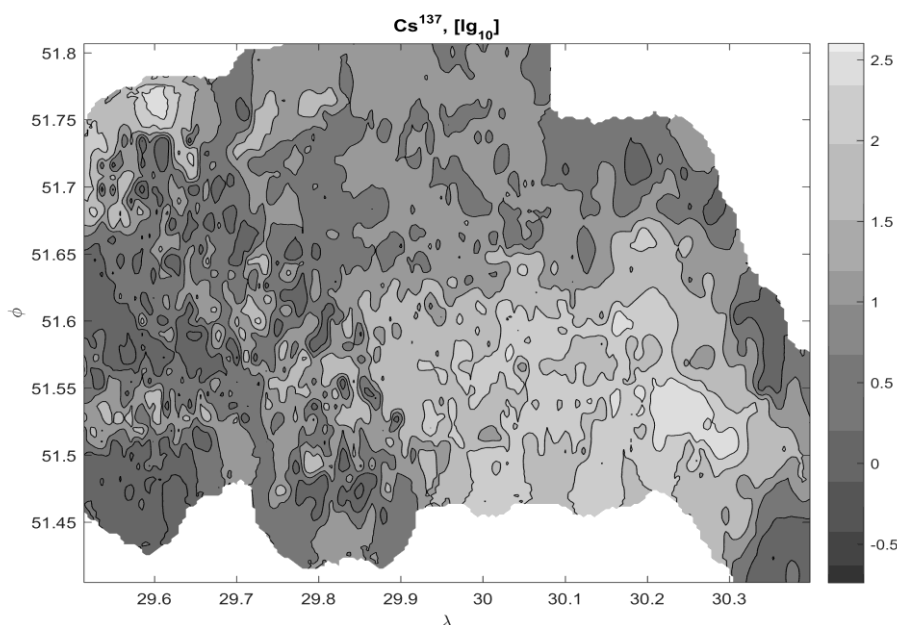


Рисунок 2 – Интерполяция методом кригинга экспериментальных данных $Ig_{10}[Cs_{137}(Ci/km^2)]$ в координатах долготы и широты

Использование экспериментальных данных в описанной задаче позволяет более полно продемонстрировать студентам возможности статистического метода, а также важность оценки поведения дисперсии пространственно разделенных измерений.

Список использованных источников

1. Дэвис, Дж. С. Статистический анализ данных в геологии, Т.1 / Дж. С. Дэвис. – М.: Недра, 1990. – 319с.
2. Дэвис, Дж. С. Статистический анализ данных в геологии, Т.2 / Дж. С. Дэвис. – М.: Недра, 1990. – 427с.

R. Kukankou

DATA STUDY FOR LESSON TASKS OF THE COURSE “ANALYSIS OF THE SPATIALLY DISTRIBUTED DATA”

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University (Belarus)

The work is applied to the study of data on radioactive contamination of territories for teaching students in the course on the analysis of spatially distributed data. A solution for point kriging is given. The importance of variation estimating of spatially separated measurements is demonstrated.

Keywords: multidimensional data, statistical methods, semivariogram, kriging.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ПРЕПОДАВАНИИ БИОЛОГИИ

А.Р. Стефанович, Е.В. Бурдук, Е.С. Целюк, В.И. Резяпкин

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно

Созданы электронные образовательные ресурсы «Генетически модифицированные организмы – оценка рисков их использования», «Вакцины» и «Коферментные функции витаминов». Их использование позволяет повысить эффективность самостоятельной работы и эффективность усвоения учебного материала по соответствующим разделам учебной дисциплины.

Ключевые слова: электронный образовательный ресурс, генетически модифицированные организмы, вакцины, витамины, коферменты.

Важнейшей целью Республики Беларусь, как указывается в государственной программе «Образование и молодежная политика» на 2016 – 2020 годы, является повышение качества и доступности образования в соответствии образовательными запросами граждан и потребностями инновационной экономики [1].

Современный этап совершенствования учебного процесса характеризуется активным внедрением в систему образования информационных технологий. Это обстоятельство обуславливает актуальность создания электронных образовательных ресурсов для обеспечения учебного процесса. В настоящее время электронные учебные материалы занимают все большее место в системе образования, поскольку имеют определенные преимущества перед печатными аналогами:

- их использование повышает интерес к изучению темы за счет наглядности представленного материала;
- они позволяют самостоятельно и эффективно, без помощи преподавателя, изучать основные вопросы рассматриваемой темы;
- они обеспечивают многоуровневое и многокомпонентное изучение учебного материала;
- они обеспечивают индивидуализацию обучения.

С целью оптимизации учебного процесса, при организации внеклассных занятий в химико-биологическом профиле, нами созданы электронные образовательные ресурсы «Риск использования генетически модифицированных организмов», «Вакцины» и «Коферментные функции витаминов». При создании ресурсов использовалась современная учебная и научная литература [2-15]. Для их создания была использована программа MicrosoftPowerPoint, позволяющая преподнести учебный материал, снабдив его разнообразными иллюстрациями, схемами, таблицами и др.

Электронный образовательный ресурс «Генетически модифицированные организмы – оценка рисков их использования» включает следующие разделы: «Особенности хранения и передачи наследственной информации у живых организмов», «Способы изменения генома», «Использование трансгенных организмов», «Опасность генетически модифицированных организмов».

В разделе «Особенности хранения и передачи наследственной информации у живых организмов» дана общая характеристика клетки, хромосомы, ДНК, генетического кода. Здесь описывается, каким образом реализуется генетическая информация, закодированная в ДНК, и каким образом осуществляется регуляция экспрессии генов.

В разделе «Способы изменения генома» изложена информация как об основных методах традиционной селекции (родственная гибридизация, отдаленная гибридизация, экспериментальный мутагенез), так и о современных методах синтеза рекомбинантных ДНК и их использования для создания трансгенных или генетически модифицированных организмов (ГМО).

В разделе «Использование трансгенных организмов» освещаются следующие вопросы: использование ГМО в научных целях; использование ГМО в медицинских целях; использование ГМО в сельском хозяйстве.

Возможные неблагоприятные последствия ГМО на здоровье человека и окружающую среду рассмотрены в разделе «Опасность генетически модифицированных организмов». Здесь делается акцент на то, что технология создания и использования ГМО хотя и имеет большие перспективы в самых разных сферах человеческой жизни, однако при этом она должна применяться с осторожностью, и целью ее внедрения не должно являться лишь получение прибыли.

Электронный информационно-образовательный ресурс «Вакцины» включает следующие разделы: «История открытия и состав вакцин», «Классификации вакцин», «Способы изготовления и введения вакцин» и «Вакцинация».

В разделе «История открытия и состав вакцин» собраны сведения о вакцинах, истории их открытия, а также о принципах классификации вакцин.

Более подробно классификация вакцин рассмотрена в разделе «Классификация вакцин», в котором описаны все преимущества и недостатки каждого вида вакцин. В этом разделе говорится и о вакцинах нового поколения, о перспективах их использования.

В разделе «Способы изготовления и введение вакцин» описаны необходимые условия для изготовления вакцин (температура, используемые химические соединения, физические агенты и биологические факторы). Существующие в настоящее время способы введения вакцин также описаны в данном разделе.

В разделе «Вакцинация» указывается на то что, вакцинация представляет собой комплекс мероприятий, направленных на формирование противои инфекционного иммунитета с помощью введения в организм человека антигена возбудителей инфекционных болезней называется вакцинацией. В этом разделе описывается, каким образом осуществляется вакцинация, и какие побочные действия оказывают вакцины на организм человека.

Электронный информационно-образовательный ресурс «Коферментные функции витаминов» включает два раздела: «Водорастворимые витамины», «Жирорастворимые витамины». В разделе «Водорастворимые витамины» представлены сведения о витамине В₁, который как кофермент входит в состав 3-х полиферментативных комплексов, катализирующих окислительное декарбоксилирование кетокислот. Здесь представлена информация о витамине В₂, выполняющем каталитическую функцию в составе флавиновых коферментов – ФМН и ФАД. Описывается витамин В₃ (пантотеновая кислота), который в составе кофермента А играет важнейшую роль в процессах окисления и ацетилирования. Роль витамина В₅, в регуляции белкового, углеводного и липидного обменов объясняется вхождением этого витамина в состав коферментов НАД⁺ и НАДФ⁺. Витамин В₆ в качестве кофермента входит в состав аминотрансфераз, декарбоксилаз, а также ферментов осуществляющих неокислительное дезаминирование серина, треонина, триптофана и серусодержащих аминокислот. В этом разделе также идет речь о витамине В₉, его коферментной формой является 5,6,7,8-тетрагидрофолиевая кислота, которая образуется из фолиевой кислоты при участии фермента дигидрофолатредуктазы с использованием НАДФН

как донора атомов водорода. Здесь обращается внимание на то, что витамин В₁₂ является коферментом метилмалонил-КоА-мутазы, которая катализирует превращение метилмалонил-КоА в сукцинил-КоА, и гомоцистеинметилтрансферазы, катализирующей метилирование гомоцистеина с образованием метионина. Рассматривается также витамин Н (биотин), как кофермент реакций промежуточного карбоксилирования. В разделе «Жирорастворимые витамины» описан витамин К, представлена структура витамина К, описаны три соединения которые обладают биологической активностью витамина, а также приведена биологическая роль витамина К.

Использование электронных методических разработок «Риск использования генетически модифицированных организмов», «Вакцины» и позволяет повысить эффективность самостоятельной работы и эффективность усвоения материала по соответствующим разделам дисциплины, а также могут быть использованы при подготовке к олимпиадам.

Список использованных источников

1. Государственная программа «Образование и молодежная политика» на 2016 – 2020 годы [Электронный ресурс] // М-во образования Респ. Беларусь. – Режим доступа: [http:// http://edu.gov.by/page-1061](http://edu.gov.by/page-1061). – Дата доступа: 10.11.2016.
2. Воробьева, А.А. Микробиология / А.А. Воробьева, А.С. Быков. – М. : Медицина, 1999. 345 с.
3. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак – М. : Мир, 2002. – 585 с.
4. Жданов, В.М. Вакцины / В.М. Жданов, С.Г. Дзагуров, Р.А. Салтыков – 3-е изд. – М. : 1976. 574 с.
5. Ермишин, А.П. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика / А.П. Ермишин и др.; под ред. А.П. Ермишина. – Мн. : Тэхналогія, 2005. – 430 с.
6. Комов, В.П. Биохимия / В.П. Комов, Н.В. Шведова – М. : Дрофа, 2006. – 639 с.
7. Кухта, В.К. Биологическая химия / В.К. [и др.] – М., Минск : Бином. 2008. – 688 с.
8. Панов, В.П. Введение в биохимию / В.П. Панов, А.В. Панов – М. : МГТА, 2001. – 346 с.
9. Проблемы и перспективы молекулярной генетики: В 2-х т. Том 2 / Отв. ред. Е.Д. Свердлов. – М.: Наука, Т. 1. 2003 – 2004. Т.2. – 2004. – 330 с.
10. Резяпкин, В.И. Генная инженерия: практикум / В.И. Резяпкин – Гродно : ГрГУ, 2017. – 62 с.
11. Резяпкин, В.И. Прикладная молекулярная биология/ В.И. Резяпкин. Гродно : ГрГУ, 2011, 167 с.
12. Таточенко, В.К. Вакцинопрофилактика / В.К. Таточенко, Н.А. Озерецковский. – М. : 1994. – 179 с.
13. Шевелуха, В.С. Сельскохозяйственная биотехнология: Учеб. / В.С. Шевелуха [и др.] : Под ред. В.С. Шевелухи – М.: Высш. школа, 1998. – 416 с.
14. Щербакова, В.Г. Биохимия / В.Г. Щербакова – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2003. – 472 с.
15. Филипович, Ю.Б. Основы биохимии / Ю.Б. Филипович – М. : Агар, 1999. – 512 с.

Stefanovich A.R., Burduk E.V., Tseliuk E.S., Rezyapkin V.I.

ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES IN THE TEACHING OF BIOLOGY

Yanka Kupala State University of Grodno (Belarus)

Electronic educational resources "Genetically modified organisms - risk assessment of their use", "Vaccines" and "Coenzyme functions of vitamins" have been created. Their use makes it possible to improve the efficiency of independent work and the effectiveness of mastering the educational material in the relevant sections of the academic discipline.

Keywords: electronic educational resource, genetically modified organisms, vaccines, vitamins, coenzymes.

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРА ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

М.Л. Тумелевич

Челябинский государственный университет, Челябинск

Аннотация. В статье рассмотрены основные этапы становления концепции устойчивого развития, признание ведущей роли образования в ее реализации. Приведены примеры дисциплин учебного плана в подготовке бакалавра экологии и природопользования, нацеленных на формирование мировоззренческих позиций по устойчивому развитию природы и общества в целом.

Ключевые слова: устойчивое развитие, концепция устойчивого развития, экологическое образование, природопользование, федеральный государственный образовательный стандарт.

Признание концепции устойчивого развития стало доктриной развития человечества.

В 1962 г. Генеральной Ассамблеей ООН была принята резолюция «Экономическое развитие и охрана природы», предметом внимания которой стало развитие стран без должного внимания к сохранению и восстановлению природных ресурсов [1].

Спустя 6 лет Римский клуб выдвинул программу изучения глобальной проблемы существования системы «общество - природа» [2].

Первая Всемирная конференция ООН по проблемам окружающей среды в 1972 г. признала возможность решения экологических проблем лишь при совместном участии государств. После Конференции была учреждена Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) [3].

Продолжая разрабатывать проблему сохранения природных ресурсов для достойной жизни грядущих поколений, Генеральная Ассамблея ООН приняла в 1982 г. «Всемирную хартию природы» [4].

Созданием Международной комиссии по окружающей среде и развитию в 1983 г. утвердился термин «устойчивое развитие», включающий три составляющие: устойчивое социальное развитие, экономически устойчивое развитие и экологически устойчивое развитие [5].

Вторая Конференция ООН по окружающей среде и развитию в 1992 г. приняла Рио-де-Жанейрскую декларацию по окружающей среде и развитию [6].

В 1994 г. собралась первая рабочая группа из 12 стран-участниц по сохранению и устойчивому управлению лесами умеренной и бореальной зон [7].

Через три года принят Киотский протокол, обязавший государства сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов [8].

Несмотря на то, что еще резолюция «Экономическое развитие и охрана природы» призывала к посредству учебных заведений, только спустя более сорока лет в 2004 г. Стратегией Европейской экономической комиссии ООН одобрено Заявление о просвещении в интересах устойчивого развития. Эта же комиссия по ходатайству ЮНЕСКО предложила объявить 2005-2014 гг. Десятилетием образования в интересах устойчивого развития [1,9].

В связи с этим в Российской Федерации 2010-й г. – был объявлен Годом учителя, 2013-й – Годом охраны окружающей среды, а нынешний 2017-й – Годом экологии и Годом особо охраняемых природных территорий [10].

Несомненна роль высшей школы в воплощении целей устойчивого развития природы и общества, где в ходе учебного процесса осваивается методология и формируется экологическое мировоззрение и сознание.

В Российской Федерации в федеральных государственных образовательных стандартах «Экология и природопользование» формирование представлений об устойчивом развитии происходит через реализацию общекультурных и профессиональных компетенций [11].

Рассмотрим более детально как в отдельных дисциплинах учебного плана направления подготовки «Экология и природопользование» реализуется парадигма устойчивого развития.

Курс «экологическая культура» дает представление об уровнях развития экологической культуры в разных регионах планеты и в РФ, рассматривает экологические основы взаимодействия между человеком и окружающей средой, показывает значимость в обеспечении стратегического будущего человечества.

При изучении курса «почвоведение», у студентов формируются знания о классификации и многообразии почв, их динамике и повышении плодородия, рациональном использовании, приходит понимание базисной роли почв в устойчивом развитии экосистем, жизни человека и функционировании биосферы. Базирующаяся на курсе «почвоведение» дисциплина «экология почв» помогает овладеть методами оценки качества почв с целью их рационального использования, изучает такой негативный для устойчивого развития процесс как антропогенная деградация почв, приводящий к последующей деградации местообитания.

Изучению современных концепций биосферы, законов ее эволюции развития под влиянием человеческой деятельности посвящен курс «учение о биосфере». Также в данном курсе показана значимость энергетического баланса и беспрепятственных круговоротов вещества и энергии в интересах устойчивого развития. Изучению человека как части биосферы, устойчивого социального развития человечества посвящена дисциплина «социальная экология».

Курс «история природоохранных организаций» посвящен изучению эволюции представлений о необходимости защиты природы, трансформации законов об охране окружающей среды и последовательных изменений организаций и структур отвечающих за объединение усилий по сохранению экосистем.

Изучением правовых, экономических и технических методов охраны окружающей среды занимается дисциплина «оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)».

Разноуровневый массив законодательных документов об основах экологического природопользования и охраны окружающей среды рассматривается на занятиях по дисциплине «правовые основы природопользования и охраны окружающей среды».

Об особенностях регионального многообразия социально-экономических отношений, многообразии подходов при реализации рационального природопользования, кризисах на разных этапах человеческой цивилизации студент узнает из курса «региональное природопользование». Этому курсу предшествует дисциплина «основы природопользования», где изучаются современные знания о взаимодействии природы и общества, основной круг проблем при использовании природных благ, методы комплексной оценки состояния природных систем, принципы экологического проектирования, расчеты ресурсоемкости.

Непосредственно изучению устойчивого развития посвящен одноименный курс, подытоживающий весь комплекс знаний о разных аспектах концепции устойчивого развития, полученный на протяжении первых трех лет обучения из вышеперечисленных дисциплин и курсов.

Список использованных источников

1. Экономическое развитие и охрана природы (A/RES/1831(XVII)) [Электронный ресурс]:[Резолюция 17-й сессии Ген. Ассамблеи ООН, 18.12.1962 г.] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа:

<https://documents-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/195/87/IMG/NR019587.pdf>. – Дата доступа: 25.05.2017.

2. Тафришьян, Г. М. Римский клуб и его деятельность / Г.М. Тафришьян // Научные труды Северо-западного института управления. – 2010. – Т. 1. – № 1 – С. 299 – 301.
3. Декларация Конференции Организации Объединенных Наций по проблемам окружающей человека среды [Электронный ресурс] : [принята в Стокгольме 16.06.1972 г.] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declarathenv.shtml – Дата доступа: 25.05.2017.
4. Всемирная Хартия природы (A/RES/37/7) [Электронный ресурс] : [Резолюция 37-й сессии Ген. Ассамблеи ООН, 28.10.1982г.] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/429/93/IMG/NR042993.pdf>. – Дата доступа: 25.05.2017.
5. Развитие и международное экологическое сотрудничество: Проблемы окружающей среды [Электронный ресурс] : [Доклад Всемирной комиссии по вопросам окружающей среды и развития 04.08.1987 г.] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: <http://www.un.org/ru/ga/pdf/brundtland.pdf>. – Дата доступа: 25.05.2017.
6. Рио-де-Жанейрская декларация по окружающей среде и развитию [Электронный ресурс] : [принята в Рио-де-Жанейро 3-14.06.1992 г.] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml. – Дата доступа: 25.05.2017.
7. Монреальский процесс по критериям и индикаторам сохранения и устойчивого управления лесами умеренной и бореальной зон [Электронный ресурс] : [Квебек, Канада, 22.09.2003 г.] // Европейская экономическая комиссия ООН. – Режим доступа: <https://www.unecsc.org>. – Дата доступа: 25.05.2017.
8. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата [Электронный ресурс] : [принят 11.12.1997 г.] // Организация Объединенных Наций. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml. – Дата доступа: 25.05.2017.
9. Первое региональное совещание по образованию в интересах устойчивого развития [Электронный ресурс] : Предварительная повестка дня, 19-20 февраля 2004 г. // Европейская экономическая комиссия ООН. – Режим доступа: <http://www.unecsc.org/fileadmin/DAM/env/documents/2004/cep/ac.13/cep.ac.13.2004.1.r.pdf>. – Дата доступа: 25.05.2017.
10. 2017 – Год экологии; Год особо охраняемых природных территорий в Российской Федерации: Методические рекомендации для субъектов Российской Федерации по организации образовательных событий, посвященных памятным датам российской истории, государственным и национальным праздникам Российской Федерации, включенным в Календарь образовательных событий на 2016/2017 учебный год // ФГАОУ ДПО АПК и ППРО. – Москва, 2017. – 51 с. – Режимдоступи: <http://www.apkrго.ru>. – Дата доступа: 25.05.2017.
11. Приказ Минобрнауки России от 11.08.2016 N 998 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 26.08.2016 N 43432) – Москва: Министерство образования и науки РФ, 2016. – 23 с.

Tumelevich M.L.

IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE PREPARATION OF A BACHELOR OF ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT

Chelyabinsk State University (Russia)

Annotation. The article considers the main stages of the development of the concept of sustainable development, recognition of the leading role of education in its implementation. Examples of disciplines of the curriculum in the preparation of the bachelor of ecology and nature management, aimed at the formation of worldview positions on the sustainable development of nature and society as a whole, are given.

Keywords: sustainable development, sustainable development concept, environmental education, nature management, federal state educational standard.

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКШИХ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ КОССОВСКОГО ДВОРЦА ПУСЛОВСКИХ

Э.А. Тур

Брестский государственный университет, Брест

При проведении реставрационных работ дворца возникли серьёзные проблемы. Поверхность штукатурного слоя, выполненного на основе современных сухих смесей, подверглась биоповреждению. Анализ результатов исследований дал основание предположить, что причиной явился целый комплекс факторов. Но главной причиной развития биокоррозии является близость хвойных деревьев, которыми по периметру был обсажен дворец после Великой Отечественной войны. Разработаны рекомендации по борьбе с биокоррозией.

Ключевые слова: реставрационные работы, Коссовский дворец, биокоррозия, биозащитные средства.

Дворец Пусловских располагается в двух километрах севернее г. Коссово Ивацевичского района Брестской области. Он был заложен в 1838 году на западной окраине поселения как загородный усадебный ансамбль с большим парком. Для белорусской архитектуры Коссовский дворец уникален. Он не похож ни на один другой дворцово-парковый комплекс, возводившийся в начале XIX века: в тот период времени на пике популярности был классицизм, а дворец построили в неоготическом стиле (рисунок 1). Над его проектом работал архитектор Франтишек Яшчольд из Варшавы.



Рисунок 1 – Дворец Пусловских (Коссовский замок).

Замок, располагавшийся на небольшом плато, стал ядром красивейшего террасного парка, в котором росло более 150 видов экзотических растений. На террасах функционировали фонтаны. В северо-восточной части дворцово-паркового комплекса, на реке Коссовке, имелась водная система из двух водоемов, разделенных дамбой и обсаженных плакучими ивами, с большим островом округлой формы. До настоящего времени парк не сохранился, но ранее по периметру всю усадьбу вместе с плодовым садом окружали липы. Перед дворцом было несколько прогулочных аллей.

К сожалению, внук Казимира Пусловского проиграл в карты великолепный дворец. Позже дворец передавался из рук в руки разным хозяевам. В Первую мировую войну из дворца бесследно пропала коллекция редких рукописей, скульптур, картин, уникальная библиотека. Погибли сад и оранжерея, от которой до наших дней сохранились только роскошные кусты сирени и боярышника, заросли пруды. После вхождения Коссово в состав Польши дворец стал собственностью государства. До 1939 года в нем размещались окружная управа и школа пчеловодов. Дворец был разрушен в Великую Отечественную войну. После войны территория дворцово-паркового комплекса стала собственностью Гослесфонда. Лесники безжалостно обошлись с ландшафтом: засаживали соснами великолепные террасы, вырубали ценные породы деревьев. Оставшиеся без присмотра озера обезводились. С годами сосны скрыли дворец от глаз людских, в том числе от автодороги (рисунок 2).



Рисунок 2 – Дворец Пусловских (Коссовский замок), засаженный по периметру соснами.

В 2008 году началась масштабная реставрация Косовского замка. В 2015-2016 годах были произведены штукатурные и окрасочные работы на фасадах. Следующий этап включает в себя работы по благоустройству территории дворца. К настоящему времени произведены следующие реставрационные строительные работы: укрепление и гидроизоляция фундаментов, устройство перекрытий, завершены кровельные работы. Произведена очистка здания от мусора. Планируется, что внешний вид замка будет максимально приближен к первоначальному, а интерьеры будут восстановлены строго по сохранившимся описаниям. Часть замка было решено оставить в нынешнем виде. Будет восстановлена уникальная парковая зона.

При проведении реставрационных работ возникли серьёзные проблемы. Материалами одного из частных предприятий г. Минска производились отделочные работы на фасаде дворца. Поверхность штукатурного слоя, выполненного на основе сухих смесей, подверглась серьёзному биоповреждению. Было выявлено также, что фасады со старой штукатуркой таких биоповреждений не имеют. Выяснилось, что данное предприятие, рекомендуемое материалы собственного производства для реставрационных работ объектов, представляющих собой историко-культурную ценность, не проводило должных исследований своих материалов на устойчивость к биоповреждениям.

Автором совместно с Институтом микробиологии НАН Беларуси были проведены работы по микробиологическому обследованию объекта «Дворцово-парковый ансамбль XIX века в г. Коссово Ивацевичского района». Визуальное обследование строительного объекта выявило наличие на поверхности штукатурного слоя обширных пятен розово-красного, зелёного, чёрного цвета. Места с наибольшей интенсивностью пигментации напоминали потёки дождевой воды. Внутри штукатурного слоя окраска была равномерной. Пятна зелёного и чёрного цвета присутствовали также на поверхности новых кладочных растворов. С пигментированных участков были взяты пробы. Во всех пробах был выявлен высокий уровень микробной обсеменённости, окраска колоний микроорганизмов соответствовала окраске проб. В пробах с зелёной окраской преобладали микроскопические водоросли рода *Pleurococcus*, в пробах с чёрной окраской – микроскопические грибы рода *Alternaria*, в пробах с розовой окраской – актиномицеты - бактерии семейства *Actinomyces* [1, 2].

Анализ результатов обследования объекта дал основание предположить, что причиной таких масштабных биоповреждений, является целый комплекс факторов, а именно: дефекты кровли, отсутствие водосточных труб, отскок дождевой воды, рыхлость нового штукатурного слоя, плохое состояние кирпичной основы. Но главной причиной развития биокоррозии является близость хвойных деревьев, которыми по периметру был обсажен дворец после Великой Отечественной войны [3].

Для ликвидации очагов биоповреждения и принятия мер по предотвращению их появления в дальнейшем были проведены лабораторные и натурные испытания непосредственно на плоскостях фасадов дворца по эффективности различных биозащитных средств по отношению к объектам биоповреждения Коссовского дворца. К сожалению,

обработка фунгицидными и альгицидными средствами отечественных и российских производителей не позволила получить желаемый эффект. Наибольший эффект проявили следующие препараты импортного производства, специально рекомендованные для удаления биологических загрязнений (мхов, грибов, водорослей, плесени) и предотвращения их появления на минеральных строительных материалах, и методы обработки ими фасадов:

- 1) обработка водоразбавляемым фунгицидным, альгицидным и бактерицидным средством «Parmetol DF-35» фирмы-производителя «Schülke & Mayr» (Германия), не содержащим фенола и солей тяжёлых металлов;
- 2) предварительная очистка поверхности специальным экологичным средством, не содержащим активного хлора и солей тяжёлых металлов «Remmers Grunbelag-Entferner» фирмы «Remmers» (Германия) с последующей обработкой бактерицидным, фунгицидным и альгицидным средством «Remmers Impragnierung BFA» фирмы «Remmers» (Германия), не содержащим фенола, формальдегида и солей тяжёлых металлов.

Кроме того, для оштукатуривания и окраски фасадов рекомендовано использовать реставрационные отделочные материалы, содержащие альгициды и фунгициды с гарантией биозащиты от предприятия-изготовителя. Рекомендовано также использовать штукатурные сухие смеси, специально предназначенные для выполнения реставрационных работ, не содержащие цементное вяжущее. Проведению штукатурных и окрасочных работ должны предшествовать не только восстановление кровли, но и водосточных систем, а также работы по гидроизоляции здания. Недопустимо использование при окраске данного фасада обычных водно-дисперсионных красок на основе акриловых полимеров. В этом случае может произойти омыление полимерного плёнкообразователя, что сопровождается шелушением краски, отслоением её от подложки и изменением первоначального цвета [4].

Важнейшей мерой предотвращения биоповреждения фасадов является вырубка выросшего за послевоенные годы соснового леса (который высадили на месте фруктового сада) по всему периметру здания на расстоянии не менее 50 метров от стен дворца. Эта мера позволит избежать обсеменения поверхности фасадов микроорганизмами и развитию биокоррозии минеральных поверхностей. Дворец Пусловских по праву считается жемчужиной белорусской архитектуры. Недавно специальная комиссия ЮНЕСКО признала его перспективным объектом международного туризма. Вторую жизнь дворец должен обрести после того, как Коссовский дворцово-парковый ансамбль был утвержден в качестве республиканского приоритетного объекта на проведение реставрации и внесен в Государственную инвестиционную программу.

Список использованных источников

1. Никитин, Н.К. Химия в реставрации: справ.пособие / М.К. Никитин, Е.П. Мельникова. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
2. Ивлиев, А.А. Реставрационные строительные работы / А.А. Ивлиев, А.А. Калыгин. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 272 с.
3. Фрессель, Ф. Ремонт влажных и повреждённых солями строительных сооружений / Ф. Фрессель. – М.: ООО «Пэйнт-медиа», 2006. – 320 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.

Tur E.A.

THE SOLUTION TO ENVIRONMENTAL AND TECHNICAL PROBLEMS ENCOUNTERED DURING THE RESTORATION OF KOSSOVO PUSLOVSKIE'S PALACE

Brest State University, Brest (Belarus)

During the restoration works of the Palace had serious problems. The surface of the plaster layer, which is made on the basis of modern dry mixes, were subjected to bio-deterioration. The analysis of the research results gave grounds to assume that the cause was a combination of factors. But the main reason for the development of bio-corrosion is the proximity of coniferous trees, that the perimeter was lined with Palace. Recommendations to combat corrosion.

Keywords: restoration work, Kosava castle, corrosion, bioprotective funds.

СОДЕРЖАНИЕ

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

К. Kucharska-Ambrożej BADANIA CHEMOTAKSONOMICZNE WYBRANYCH GATUNKÓW ZIÓŁ – PRZEGLĄD METOD BADAWCZYCH.....	3
А. Matwiejuk STATE OF RESEARCH ON LICHENS (ASCOMYCOTA LICHENISATI) IN BIALOWIEZA FOREST (POLAND).....	6
Н.В. Валовень, Е.А. Флюрик ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ (<i>VACCINIUM CORYMBOSUM</i> L.).....	8
Д.К. Гарбарук, А.В. Углянец СТРУКТУРА И РЕСУРСЫ ДРЕВОСТОЕВ СОСНЯКА ЧЕРНИЧНОГО ПОЛЕССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	10
Е.Я. Куликова, Г.В. Ермоленкова, А.В. Пучило ФИТОЦЕНОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУГОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ».....	13
М.Л. Романова, Г.В. Ермоленкова, А.В. Пучило, М.В. Кудин УСТОЙЧИВОСТЬ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	16
А.В. Ропот, А.Г. Цуриков ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИШАЙНИКОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ БИОСТАНЦИИ ГОМЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ФРАНЦИСКА СКОРИНЫ.....	19
Т.А. Селевич, В.Ю. Романчук АКВАФЛОРА РЕКИ ГОРОДНИЧАНКА В ЧЕРТЕ ГОРОДА ГРОДНО.....	21
О.В. Созинов, Е.В. Мойсейчик ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЙ <i>GENTIANA PNEUMONANTHE</i> В ЗАКАЗНИКЕ «ЗВАНЕЦ» (ПОЛЕСЬЕ, БЕЛАРУСЬ)	24
Л.С. Чумаков, М.А. Невердасова ЗОЛОТАРНИК КАНАДСКИЙ (<i>Solidago canadensis</i> L.) В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОЙ СТОЛИЦЫ.....	27
Л.С. Чумаков, Ю.С. Подрез РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ И ГРИБОВ В ГОРОДСКИХ ЛЕСАХ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ БЕЛОРУССКОЙ СТОЛИЦЫ.....	30
А.П. Юрков, А.О. Горбунова, А.А. Крюков МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И АКТИВНОСТЬ 20 ИЗОЛЯТОВ ГРИБОВ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ.....	33
А.П. Яцына ОЧЕРК О ЛИШАЙНИКАХ ОШМЯНСКОГО РАЙОНА, ГРОДНЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ (БЕЛАРУСЬ).....	37

УСТОЙЧИВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

И.В. Абрамова

ЭКОЛОГИЯ БОЛЬШОГО ВЕРЕТЕННИКА *Limosa limosa* L. (Charadriidae, Charadriiformes) В ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ..... 40

А.В. Алехнович, Д.В. Молотков

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПРОМЫСЛОВОЙ МЕРЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОМЫСЛА ДЛИННОПАЛОГО РАКА..... 44

Е.И. Бычкова, С.М. Дегтярик, М.М. Якович

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ ГЕЛЬМИНТОВ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ РЫБ В РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ И ПРОМЫСЛОВЫХ ОЗЕРАХ БЕЛАРУСИ..... 47

В.В. Вежновец, А.И. Макаренко, А. Шкуте, Я. Пайдере, А. Браковска

РАПРОСТРАНЕНИЕ ВЫСШИХ РАКООБРАЗНЫХ В БАССЕЙНЕ р. ЗАПАДНАЯ ДВИНА (ДАУГАВА)..... 50

Е.Г. Дядюшко

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЗЕЛЁНЫХ ЛЯГУШЕК..... 53

А.С. Змачинский

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ г. МИНСКА РЫБ..... 55

А.И. Козорез

ВОСПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИЙ ОЛЕНЬИХ В РЕСПУБЛИКАНСКОМ ЛАНДШАФТНОМ ЗАКАЗНИКЕ "НАЛИБОКСКИЙ"..... 58

В.Ф. Кулеш, А.И. Таранович

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ ГИДРОБИОНТОВ В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ..... 61

И.И. Лукина, А.П. Григорчик

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПИТАНИЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА БЫЧКОВЫЕ (GOBIIDAE) В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ р. ДНЕПР (БЕЛАРУСЬ)..... 64

В.В. Маврищев, В.Ф. Кулеш

СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША РЕЧНОГО БОБРА В ПОЙМАХ МАЛЫХ РЕК БОБРУЙСКОЙ РАВНИНЫ..... 67

А.В. Мицковец

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ЛЕСНЫХ И ЛЕСОПАРКОВЫХ БИОЦЕНОЗОВ..... 70

А.С. Полетаев

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАРЫБЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОДОЁМОВ БЕЛАРУСИ КАРАСЁМ СЕРЕБРЯНЫМ..... 72

В.К. Ризевский, И.А. Ермолаева, А.В. Лещенко

РОЛЬ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ БЕЛАРУСИ В ПРОЦЕССЕ ИНВАЗИИ РЫБ..... 75

О.А. Фёдорова, А.А. Гавричкин, Т.А. Хлызова, Е.И. Сивкова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПРЕИМАГИНАЛЬНЫМИ ФАЗАМИ РАЗВИТИЯ КРОВСОСУЩИХ МОШЕК..... 78

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОХИМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНА

<i>M. Bartoszewicz, U. Czyżewska</i> THE DISTRIBUTION AND PROPERTIES OF COLD-ADAPTED <i>Bacillus cereus sensu lato</i>	81
<i>Z. Stepniewska, W. Goraj, A. Pytlak, A. Szafranek-Nakonieczna</i> ANALYSIS OF WIELICZKA SALT MINE MICROBIAL COMMUNITY.....	84
<i>Z. Stepniewska, A. Pytlak, A. Szafranek-Nakonieczna, W. Goraj, A. Wolińska, A. Kuźniar, A. Banach, A. Kubaczyński</i> ENVIRONMENTAL AND BIOTECHNOLOGICAL ROLE OF THE METHANOTROPHIC BACTERIA.....	86
<i>A. Szafranek-Nakonieczna, A. Pytlak, W. Goraj, A. Górski, N. Łopacka, A. Kubaczyński, K. Proc, E. Głąb, M. Hunicz, Z. Stepniewska</i> METHANOGENIC POTENTIAL OF MICROORGANISMS ISOLATED FROM VARIOUS ENVIRONMENTS.....	87
<i>A. Zambrzycka, U. Czyżewska, M. Siemieniuk, A. Tylicki</i> COMPARISON OF ACTIVITY AND KINETIC PROPERTIES OF THE LACTATE DEHYDROGENASE FROM WILD AND DOMESTIC DUCK IN THE ADAPTATIVE ASPECT.....	89
<i>С.С. Ануфрик, Л.П. Лосева, С.В. Анучин, Н.З. Башун, А.В. Чекель, А.Г. Мойсеенок, Н.О. Качинская</i> ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ТЕЛА СТУДЕНТОВ С НОРМАЛЬНОЙ И ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА.....	92
<i>Н.З. Башун, Т.В. Гижук, В.А. Гуринович, И.С. Хвесько, Д.А. Горева, Н.А. Филипович, Е.П. Лукиенко, Ю.З. Максимчик, В.А. Максимович, А.Г. Мойсеёнок</i> НЕИНВАЗИВНАЯ ОЦЕНКА МИКРОНУТРИЕНТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ У СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ ПСИХО-ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ.....	96
<i>М.М. Груша, Е.Л. Пузач, К.И. Заневская, О.М. Третьякова</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ.....	99
<i>В.И. Домаш, О.Л. Канделинская, О.А. Иванов, Т.П. Шарпио, Е.Р. Грищенко, С.А. Забрейко</i> ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛЭП НА МЕТАБОЛИЗМ БЕЛКОВ ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ.....	101
<i>Р.А. Дудинская, Н.Ю. Якубчик</i> АНАЛИЗ ХРОНИЗАЦИИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ г. БАРАНОВИЧИ.....	104
<i>С.В. Емельянчик</i> ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОРЕ МОЗЖЕЧКА КРЫС ПРИ ХОЛЕСТАЗЕ.....	107
<i>Е.И. Кузнецова, А.А. Булатова, М.П. Шапчиц, О.М. Третьякова</i> ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ КЛЕТОК <i>IRIS</i> <i>PSEUDACORUS</i> НА ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ БЕЛКОВ И ЛИПИДОВ МИТОХОНДРИЙ ПЕЧЕНИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА.....	109

В.М. Миськив, Г.А. Бурдь АНАЛИЗ ОПИАТОВ МЕТОДАМИ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ В СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ГОРОДА ГРОДНО.....	112
Н.В. Мойсейчук ДИНАМИКА КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ПАТОГЕННОСТИ ПОГОДЫ В ГОРОДЕ БРЕСТЕ ЗА ПЕРИОД 2006-2015 гг.....	114
Е.А. Олендор, Г.А. Бурдь СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОБРАЗЦАХ <i>Calendula officinalis</i> L.....	117
Д.С. Семенович, Е.П. Лукиенко, О.В. Титко, А.О. Збирухович, Н.С. Ястремская, А.А. Смирнов, О.А. Тарасюк, Н.П. Канунникова ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА И ТИОЛ- ДИСУЛЬФИДНОГО СТАТУСА В ПЛАЗМЕ КРОВИ И БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЯХ МОЗГА ПРИ ГЕМИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ.....	119
В.В. Сивацкая, Т.А. Коваленя ЭФФЕКТЫ ФЛАВОНОИДОВ НА СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ.....	122
Е.П. Цесловская, Г.А. Бурдь СОДЕРЖАНИЕ СУММЫ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ФЛАВОНОИДОВ В ОБРАЗЦАХ <i>Capsella bursa-pastoris</i>	124
В.М. Юрин, Т.И. Дитченко, С.Н. Филиппова КУЛЬТУРА КЛЕТОК РАСТЕНИЙ IN VITRO – СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ БИОЭКОНОМИКИ.....	126

**МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И УПРАВЛЕНИЕ
ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ.
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И
РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

A. Fiodor, J.M. Drewnowska, I. Świącicka POLIMORFIZM GENÓW VIP3A U <i>BACILLUS THURINGIENSIS</i> ZE ZRÓŻNICOWANYCH ŚRODOWISK NATURALNYCH.....	129
A. Karpušenkaitė, T. Ruzgas, G. Denafas OVERVIEW OF MATHEMATICAL MODELLING METHODS USED TO FORECAST CERTAIN HAZARDOUS WASTE GENERATION IN LITHUANIA.....	132
E. Wołyniec, J. Łepkowska, A. Kojło ZASTOSOWANIEWSTRZYKOWEJ ANALIZY PRZEPŁYWOWEJ Z DETEKcją CHEMILUMINESCENCYJNĄ DO OZNACZANIA PESTYCYDÓW.....	135
Л.А. Бабкина, И.П. Балабина, С.Ю. Миронов ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ.....	136
К.В. Бондарь, Н.П. Яловая МЕТОД МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АММОНИЯ В ДОБАВКАХ ДЛЯ БЕТОНОВ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АММИАКА В ВОЗДУХЕ ВНУТРЕННИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	139

В.А. Иванюкович, Р.М. Невар МОДЕЛЬ НАКОПЛЕНИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ЭКОСИСТЕМЫ БЕЛАРУСИ.....	142
С.И. Коверик, Н.Н. Бамбалов, Г.А. Соколов ЦИНК-БОР–МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЕ УДОБРЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИЕ ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ТОРФА.....	145
О.Е. Кремлёва, А.В. Сычёва ИЗМЕНЕНИЯ СОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА У <i>ROESILIA RETICULATA</i> P. ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОВЕРХНОСТНО АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	148
Л.В. Литвиненко БИОРЕМЕДИАЦИЯ ЛУГОВЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....	150
Н.С. Метельская, В.П. Кабашиников, А.В. Норко ОБЪЁМНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	153
В.А. Ракович, Н.Н. Бамбалов ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОМАССЫ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ.....	156
Е.А. Самусик, С.Е. Головатый, С.Н. Анучин, С.С. Ануфрик СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ (В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ) В ОКРЕСТНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ “КРАСНОСЕЛЬСКСТРОЙМАТЕРИАЛЫ”.....	159
Н.Е. Сосновская, А.Э. Томсон, А.С. Самсонова, Т.В. Соколова, В.С. Пехтерева РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ТОРФА.....	163
А.Р. Цыганов, А.С. Панасюгин, Н.П. Машерова, Н.Д. Павловский, В.А. Ломоносов ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПАРОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ C5-C8 НОРМАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ И ИХ ИЗОМЕРОВ АДСОРБЦИОННО- КАТАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	166

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

J. Karpińska PLASTICS IN ENVIRONMENT – NEW EMERGENCY POLLUTION OR AN OLD PROBLEM?.....	169
U. Kotowska, A. Świryo BADANIA NAD MOŻLIWOŚCIĄ WYKORZYSTANIA ROŚLIN PŁYWAJĄCYCH DO USUWANIA FTALANÓW I FENOLI ZE ŚCIEKÓW.....	171
Е.Г. Бусько, А.А. Волчек ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ.....	173
А.А. Бутько, В.А. Пашинский, О.И. Родькин МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ВЕГЕТАТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ.....	179

<i>Л.Н. Гертман, П.П. Рутковский</i> ПРОБЛЕМА РАСЧЕТА НОРМ ДОПУСТИМЫХ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК В ЗОНАХ ОТДЫХА НА ВОДОЕМАХ БЕЛАРУСИ.....	182
<i>А.А. Гузова, Г.А. Бурдь</i> СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТАВА АКТИВНОГО ИЛА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ ГУКПП «ГРОДНОВОДОКАНАЛ».....	185
<i>Д.Н. Давлюд, И.В. Шестак, Д.В. Чередниченко, П.Д. Воробьев</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ ВОДНО-СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ.....	189
<i>С.А. Дубенок, А.В. Ёдчик</i> ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ СПРАВОЧНЫХ РУКОВОДСТВ ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ МЕТОДАМ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	192
<i>А.М. Жуковец</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ».....	195
<i>В.В. Журавков, В.П. Миронов, С.С. Позняк, А.Н. Скибинская</i> ФОНОВЫЕ УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ТРИТИЯ В ОТКРЫТЫХ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БЕЛОРУССКОЙ АЭС.....	198
<i>Г.З. Идрисова, К.М. Ахмеденов</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РОДНИКОВ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА.....	201
<i>Д.И. Кельник, Г.М. Петрова, Е.М. Глушень</i> БИОПРЕПАРАТ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АММОНИЙНОГО АЗОТА.....	205
<i>В.А. Кирей, Г.Г. Юхневич</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА АЭРОТЕНКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ АКТИВНОГО ИЛА.....	208
<i>В.Ф. Кулеш, В.В. Маврищев</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБРОСНОЙ ПОДОГРЕТОЙ ВОДЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ АКВАКУЛЬТУРЫ В БЕЛАРУСИ.....	211
<i>Н.Г. Курамшина, Л.Н. Лосева, М.Б. Ребезов, И.О. Туктарова, Ф.М. Латынова</i> БИОМОНИТОРИНГ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ РЕКИ ДЁМА (БАШКОРТОСТАН).....	214
<i>А.Г. Литвинова, В.В. Вежновец</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ КАЛАНОВИДНОЙ КОПЕПОДЫ <i>EURYTEMORA VELOX</i> (LILLJEBORG, 1853) В РЕКЕ МУХАВЕЦ.....	217
<i>В.А. Ломоносов, А.Р. Цыганов, А.С. Панасюгин, Н.П. Машерова, С.В. Григорьев</i> ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И УСЛОВИЙ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ КЛИНОПТИЛОЛИТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ НА ЕГО ОСНОВЕ СЕЛЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ.....	220
<i>А.С. Панасюгин, А.Р. Цыганов, Н.П. Машерова, С.В. Григорьев</i> ИОНООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ ФЕРРОЦИАНИДОВ КОБАЛЬТА.....	223

<i>А.М. Пеньковская, Е.Н. Попова</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕРОПРИЯТИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ИХ РЕШЕНИЕ В БАССЕЙНЕ р. ЗАПАДНЫЙ БУГ.....	226
<i>М.С. Чирикова, Г.М. Петрова, Е.М. Глушень</i> БИОФЛОКУЛИРУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ШТАММА <i>BACILLUS SP. FL X-5</i>	229

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

<i>М.В. Бирюкова</i> КАК ТЕРМИН «УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ» СДЕЛАТЬ ПОНЯТНЫМ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ.....	232
<i>Г.А. Богдан</i> ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРАКТИК ОУР В УСЛОВИЯХ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОЕКТА «ШКОЛА РАЧИТЕЛЬНЫХ ХОЗЯЕВ»..	235
<i>Т.А. Бонина, Е.В. Цытрон</i> ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ У БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	238
<i>В.В. Гордийчук, Т.В. Смирнова</i> АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА МНОГОГРАННИКА ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ.....	241
<i>А.Д. Гриб, В.А. Рыбак</i> «ЗЕЛЕНАЯ» ЭКОНОМИКА В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....	244
<i>А.А. Дутковская</i> ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ УЧАЩИХСЯ ЧЕРЕЗ ЭФФЕКТИВНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО УРОКА.....	246
<i>Н.Н. Колотилова</i> ЗНАЧЕНИЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ АКАДЕМИКА Г.А. ЗАВАРЗИНА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ.....	249
<i>Г.П. Куканов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДАННЫХ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ СПЕЦКУРСА “АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДАННЫХ”.....	251
<i>А.Р. Стефанович, Е.В. Бурдук, Е.С. Целюк, В.И. Резяпкин</i> ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ В ПРЕПОДАВАНИИ БИОЛОГИИ.....	253
<i>М.Л. Тумелевич</i> РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРА ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.....	256
<i>Э.А. Тур</i> РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКШИХ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ КОССОВСКОГО ДВОРЦА ПУСЛОВСКИХ.....	259

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Сборник научных статей
Электронное издание на компакт-диске

Издается в авторской редакции
Компьютерная верстка: *Н.В. Чугай*

Ответственный за выпуск: *И.М. Колесник*

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью «ЮрСаПринт».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/388 от 01.07.2014.

Ул. Карла Маркса, 11. 230015, г. Гродно

+375 152 77 18 20

+375 295 87 84 11

sanryzhy@gmail.com