ISSN 2079-3928

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
90 лет

Природопользование

ИНСТИТУТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НАН БЕЛАРУСИ

2
2018

Государственное научное учреждение

«Институт природопользования
Национальной академии наук Беларуси»

Природопользование

2018. № 2

Основан в 1996 г. как сборник научных трудов.
В 2018 г. преобразован в журнал.
Выходит 2 раза в год

Главный редактор

Карабанов А. К. – академик, доктор геолого-минералогических наук, профессор

Редакционная коллегия

Хомич В. С. – доктор географических наук (*заместитель главного редактора*)
Томсон А. Э. – кандидат химических наук (*заместитель главного редактора*)
Высоченко А. В. – кандидат технических наук (*ответственный секретарь*)
Айзберг Р. Е. – член-корреспондент, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Бамбалов Н. Н. – академик, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Бровка Г. П. – доктор технических наук
Грибик Я. Г. – кандидат геолого-минералогических наук
Жогло В. Г. – доктор геолого-минералогических наук
Какарека С. В. – доктор технических наук
Камышенко Г. А. – кандидат технических наук
Курзо Б. В. – доктор технических наук
Кухарчик Т. И. – доктор географических наук
Лиштван И. И. – академик, доктор технических наук, профессор
Логинов В. Ф. – академик, доктор географических наук, профессор
Лысенко С. А. – доктор физико-математических наук
Матвеев А. В. – академик, доктор геолого-минералогических наук, профессор
Струк М. И. – кандидат географических наук

Международный редакционный совет

Балтрунас В. – доктор наук (геология), профессор (Литва)
Гнеушев В. А. – кандидат технических наук (Украина)
Гожик П. Ф. – академик НАН Украины, доктор геолого-минералогических наук, профессор (Украина)
Зилитинкевич С. С. – доктор физико-математических наук, профессор (Финляндия)
Зюзин Б. Ф. – доктор технических наук, профессор (Россия)
Клавинс М. – доктор наук (химия), профессор (Латвия)
Маркс Л. – доктор наук (геология), профессор (Польша)
Руденко Л. Г. – академик НАН Украины, доктор географических наук, профессор (Украина)
Снытко В. А. – член-корреспондент РАН, доктор географических наук, профессор (Россия)
Тишков А. А. – член-корреспондент РАН, доктор географических наук, профессор (Россия)
Черепанский М. М. – доктор геолого-минералогических наук, профессор (Россия)

Адрес

Ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск.
Тел. (017) 267-26-32, факс (017) 267-24-13.
E-mail: nature@ecology.basnet.by.
Веб-страница: http://ecology.basnet.by/jornal/Prirodopolzovanie.html

© Институт природопользования
НАН Беларуси, 2018

State Scientific Institution

"Institute for Nature Management
of the National Academy of Sciences of Belarus"

Nature Management

2018. № 2

Was founded in 1996 as a proceeding.
In 2018 was transformed into a journal.
Periodicity is 2 issues per year

Editor-in-Chief

Aleksandr Karabanov – Academician, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor

Editorial Board

Valery Khomich – D.Sc. (Geography) *(Associate Editor-in-Chief)*
Aleksey Tomson – Ph.D. (Chemistry) *(Associate Editor-in-Chief)*
Anna Vysochenko – Ph.D. (Technical) (*Executive Secretary*)
Roman Aizberg – Corresponding Member, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor
Nikolai Bambalov – Academician, D.Sc. (Agricultural), Professor
Gennadiy Brovka – D.Sc. (Technical)
Yaroslav Gribik – Ph.D. (Geology and Mineralogy)
Sergey Kakareka – D.Sc. (Technical)
Halina Kamyshenka – Ph.D. (Technical)
Boris Kurzo – D.Sc. (Technical)
Tamara Kukharchyk – D.Sc. (Geography)
Ivan Lishtvan – Academician, D.Sc. (Technical), Professor
Vladimir Loginov – Academician, D.Sc. (Geography), Professor
Sergey Lysenko – D.Sc. (Physical and Mathematical)
Aleksey Matveev – Academician, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor
Mikhail Struk – Ph.D. (Geography)
Vasiliy Zhoglo – D.Sc. (Geology and Mineralogy)

International Editorial Council

Valentinas Baltrunas – D.Sc. (Geology), Professor (Lithuania)
Mikhail Cherepanskii – D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor (Russia)
Vladimir Gneushev – Ph.D. (Technical) (Ukraine)
Pietr Gozyk – Academician, D.Sc. (Geology and Mineralogy) (Ukraine)
Leshek Marks – Dr. Habil. (Geology), Professor (Poland)
Maris Klavins – Dr. Habil. (Chemistry), Professor (Latvia)
Leonid Rudenko – Academician, D.Sc. (Geography) (Ukraine)
Valerian Snytko – Corresponding Member, D.Sc. (Geography), Professor (Russia)
Arcadiy Tishkov – Corresponding Member, D.Sc. (Geography) (Russia)
Sergei Zilitenkevich – D.Sc. (Physical and Mathematical), Professor (Finland)
Boris Zuzin – D.Sc. (Technical), Professor (Russia)

Address

10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus.
Phone: (017) 267-26-32, fax: (017) 267-24-13.
E-mail: nature@ecology.basnet.by

© Institute for Nature Management
of the National Academy of Sciences of Belarus, 2018

С О Д Е Р Ж А Н И Е
C O N T E N T S

К 100-ЛЕТИЮ ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ
TO THE 100th ANNIVERSARY OF THE PEAT INDUSTRY OF BELARUS

Лиштван И. И., Лис Л. С. Этапы становления и развития науки о торфе и сапропелях 6
Lishtvan I. I., Lis L. S. *Stages of the formation and development of peat and sapropel science*

ГЕОГРАФИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ
GEOGRAPHY. GEOECOLOGY

Коляда В. В. О роли урбанизации в изменении климата Беларуси 22
Kalyada V. V. *About the role of urbanization in the climate change of Belarus*

Какарека С. В. Возможности использования информационного потенциала регистров выбросов и переноса загрязнителей для отчетности по природоохранным конвенциям 36
Kakareka S. V. *Facilities of the use of the informational potential of emission registers and pollutants' transition for reporting on environmental protection conventions*

Конькова В. М., Наркевич И. П. Оценка выбросов парниковых газов в землепользовании и лесном хозяйстве Республики Беларусь 46
Kankova V. M., Narkevitch I. P. *The assessment of greenhouse gas emission in land use and forestry in the Republic of Belarus*

Струк М. И., Флерко Т. Г. Оценка природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений Гомельской области: методика и результаты 56
Struk M. I., Flerko T. G. *The natural and landscape conditions estimation for the location of the rural settlements of Gomel region: methods and results*

Кухарчик Т. И., Козыренко М. И. Возможности и методы стабилизации полихлорированных бифенилов в загрязненных почвах 72
Kukharchyk T. I., Kazyrenka M. I. *Facilities and methods of the stabilization of polychlorinated biphenyls in polluted soils*

ГЕОЛОГИЯ. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
GEOLOGY. MINERALS

Матвеев А. В., Рылова Т. Б. Ландшафты западной части Белорусского Полесья в климатическом оптимуме муравинского межледниковья 83
Matveyev A. V., Rylova T. B. *Landscapes of the Belarusian Polesie western area during the climatic optimum of the Muravian Interglacial*

Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Сорокин А. И. Оценка эволюции озерно-болотных комплексов по результатам исследований распространения и состава сапропеля под торфом 95
Kurzo B. V., Gaidukevich O. M., Sorokin A. I. *Estimation of the evolution of lake and marsh complexes by the results of the research of the distribution and content of sapropel under peat*

ГЕОТЕХНОЛОГИИ. ДОБЫЧА, ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

GEOTECHNOLOGY. EXTRACTION, PROCESSING AND THE USE OF SOLID FUEL MINERALS

Лиштван И. И., Янута Ю. Г., Абрамец А. М., Дудникова Е. Л., Козлова А. Н., Дедюля И. В., Першай Н. С.
Структурно-механические свойства торфяной золы и подвижность в ней катионов кальция, магния и железа 112

Lishtvan I. I., Yanuta Yu. G., Abramets A. M., Dudnikova E. L., Kozlova A. N., Dedyulya I. V., Pershay N. S.
Structural and mechanical properties of the peat ash and the mobility of calcium, magnesium and iron cations in it

Ляхевич Г. Д., Лиштван И. И., Ляхевич А. Г., Гречухин В. А., Дударчик В. М., Крайко В. М.
Использование золы от сжигания торфо-древесного и торфяного топлива в качестве компонента высокопрочного бетона 119

Lyakhevich G. D., Lishtvan I. I., Grechukhin V. A., Lyakhevich A. G., Dudarchyk V. M., Kraiko V. M.
Use of ash from burning peat-wood and peat fuel as the component of high-strength concrete

Томсон А. Э., Соколова Т. В., Навоша Ю. Ю., Царюк Т. Я., Сосновская Н. Е., Булгакова Н. А., Пехтерева В. С., Фалюшина И. П., Царенок А. А.
Композиционный энтеросорбент на основе торфяного активированного угля 128

Tomson A. E., Sokolova T. V., Navosha U. U., Tsariuk T.Y., Sosnovskaya N. E., Bulgakova N. A., Pehtereva V. S., Falushina I. P., Tsarenok A. A.
Compositional enterosorbent on the base of peat activated coal

Селянина С. Б., Зубов И. Н., Орлов А. С., Соколова Т. В., Ярыгина О. Н., Татаринцева В. Г.
Гидродинамические характеристики растворов торфяных гуматов 134

Selyanina S. B., Zybov I. N., Orlov A. S., Sokolova T. V., Yarygina O. N., Tatarintseva V. G.
Hydrodynamic characteristics of the solutions of peat humats

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

INFORMATION SUPPORT FOR NATURE MANAGEMENT

Городко И. П.
Использование природоведческого информационного ресурса Центральной научной библиотеки НАН Беларуси 141

Gorodko I. P.
Use of the nature information resource of the Central Science Library of the NAS of Belarus

ДИСКУССИИ

DISCUSSIONS

Жогло В. Г.
Проблемы утилизации отходов калийного производства в Республике Беларусь 148

Zhoglo V. G.
Problems of waste disposal of potash production in the Republic of Belarus

Пашкевич В. И. Могут ли храниться отходы калийного производства на поверхности земли без водонепроницаемых экранов? 152
Pashkevich V. I. *Could potassium production waste be stored on earth surface without waterproof screens?*

ХРОНИКА
CHRONICS

Махнач А. А., Хомич В. С. Международная научная конференция «Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий», посвященная 100-летию со дня рождения академика Александра Семёновича Махнача 156
Makhnach A. A., Khomich V. S. *International scientific conference "Problems of geology of Belarus and adjacent territories", to the 100th anniversary of Academician Alexander Semenovich Makhnach*

Гапеева С. А. XXIII Международная специализированная выставка «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро» 158
Gapeeva S. A. *XXIII International specialized exhibition “Energy. Ecology. Energy saving. Electro"*

ЮБИЛЕИ
JUBILEE

Карабанаў А. К., Айзберг Р. Я., Мацвееў А. В., Махнач А. А., Кудзельскі А. В., Каратаеў Г. І., Грыбік Я. Г., Нагорны М. А., Якубоўская Т. В. Акадэмік Радзім Гаўрылавіч Гарэцкі (Да 90-годдзя з дня нараджэння) 159
Karabanov A. K., Aizberg R.E., Matveyev A. V., Makhnach A. A., Kudelsky A. V., Karataev G. I., Gribik Ya. G., Nagorny M. A., Yakubovskaya T. V. *Academician Radzim Gayrylavich Garetsky (To the 90th anniversary)*

К 100-ЛЕТИЮ ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ
TO THE 100th ANNIVERSARY OF THE PEAT INDUSTRY OF BELARUS

УДК 330.5.051:553.04

Поступила в редакцию 12.11.2018
Received 12.11.2018

21 апреля 2018 г. исполнилось 100 лет со дня создания торфяной промышленности Беларуси. Первую страницу в ее историю вписали два документа, принятые в этот день в 1918 году: декреты Совета народных комиссаров «О разработке торфяного топлива» и «О Главном торфяном комитете». Они положили начало масштабным работам по изучению торфяных массивов страны и организации торфоразработок. Сегодня торфяная отрасль в системе Минэнерго представлена 26 организациями, входящими в состав ГПО «Белтопгаз».

Взято с сайта http://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/Torf.pdf

Унікальны прыродны рэсурс –
Торф – багацце краіны ў выснове.
Трэба вызначыць правільны курс
Карыстання яго і аховы.

Трэба стары кадастр аднавіць
Для рашэння сучасных патрэбаў.
Усе напрамкі сыр'ём надзяліць,
Не згубіць урадлівасці глебаў.

Трэба гэты рэсурс шанаваць
І ашчадна заўжды карыстацца.
Варта частку яго захаваць,
Каб без лепшых часоў не застацца.

Трэба гэты рэсурс вывучаць,
Каб пазнаці яго таямніцы.
Ад далекіх вякоў пачынаць –
Там генезіс яго і крыніцы.

Забяспечыць ахоўны аспект –
Разнастайнасць і фаўны, і флоры,
Каб пазбегнуць нашэсцяў і бед
У вялікай прыроднай прасторы.

Ты, сучаснік, яго беражы
І ахоўвай, як жыць спадзявайся.
Карыстай, але пэўнай мяжы
Не праходзь, каб нашчадкам дастаўся.

Л. С. Ліс

ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ НАУКИ О ТОРФЕ И САПРОПЕЛЯХ

И. И. Лиштван, Л. С. Лис

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Рассматривается история добычи, переработки и использования торфа в России и Беларуси. Приводятся данные о научных исследованиях по его происхождению, особенностям структуры и закономерностям естественных и техногенных преобразований, формам и динамике использования. Прослежены этапы формирования тематики научных исследований Института торфа АН БССР, показаны результаты исследований по генезису торфяных месторождений, составу, структуре, закономерностям механики

торфяных систем и разработке многоцелевых машин и механизмов для добычи и переработки торфа. Приведена информация об основных направлениях использования торфа, оценена их эффективность. Приведены основные показатели работы предприятий торфяной отрасли республики, обозначены пути ее дальнейшего развития. Обоснована необходимость перехода отрасли на комплексную глубокую переработку торфа с получением новой наукоемкой продукции для энергетики, сельского хозяйства, промышленности, строительства, охраны окружающей среды и медицины. Показаны ожидаемые результаты реализации этого направления после завершения строительства горно-химического комбината по комплексной переработке торфяных ресурсов республики.

Ключевые слова: торф; торфяное топливо; генезис залежей; история использования; исследования структуры; компоненты; комплексное освоение.

Для цитирования. Лиштван И. И., Лис Л. С. Этапы становления и развития науки о торфе и сапропелях // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 6–21.

STAGES OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF PEAT AND SAPROPEL SCIENCE

I. I. Lishtvan, L. S. Lis

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The history about the emergence and expansion of peat developments in Belarus is considered. The data of the formation of scientific research on the origin of this resource, the peculiarities of its structure and the regularity of nature and technogenic transformations, on the stages and forms of its use in historical times are given. The stages of the formation and development of the subjects of the scientific research of the Institute of Peat of the AS of BSSR are tracked, the obtained results on fundamental problems: peat deposits genesis, structure content and the main individual peat content, the regularities of peat mechanics and the development of multi-purpose machines and mechanisms for the extraction and proceeding of this unique material are shown. The consistent and time-varying directions of the use of this material are given, the effectiveness and consequences of these directions are estimated. The results of republican peat branch work-out, several stages on the decrease of its production demand are given in parallel and the ways of its future development on modern level are grounded. The urgent need of branch transition to complex deep peat proceeding with the obtaining of new science-intensive production of high demand for energetics, agriculture, industry, building, environmental protection and medicine is grounded. Conducted to the present day developments on the realization of these new directions on practice by the way of the building of mining and chemical combine on republican peat recourses proceeding are described.

Key words: peat; peat fuel; genesis of deposits; history of usage; researches of structure; components; integral development.

For citation. Lishtvan I. I., Lis L. S. Stages of the formation and development of peat and sapropel science. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 6–21.

Торфом и торфяным топливом человечество заинтересовалось в очень давние времена. Именно с использованием торфа в качестве топлива связано появление первых разработок торфяных залежей. В ходе многочисленных экспедиций проводились изыскания и сбор материалов по торфяным месторождениям. Большая часть этих работ связана с именами таких выдающихся российских ученых как М. В. Ломоносов, И. Г. Лемон, Т. Г. Ловец, И. Г. Георги. Позднее получили широкое развитие работы по добыче и использованию торфа, осушению торфяных залежей, технологиям резки торфа, печам обугливания и др. Были начаты работы по переработке торфа для получения широкого спектра продукции: кокса для металлургии, светильного газа, дегтя, разнообразных компостов. Не прекращались работы по поиску новых месторождений торфа в Московской, Самарской, Санкт-Петербургской и других губерниях России.

Большое внимание уделялось и сельскохозяйственному использованию торфяных земель. Так, в 1853 г. вышло распоряжение Министерства государственного имущества России о превращении болот в луга и пастбища, при этом указывались в основном белорусские губернии (Витебская, Могилевская, Смоленская, Минская), а также отдельные регионы Полесья.

В середине XIX в. в России в связи с существенным возрастанием спроса начался период промышленного производства торфа. Уровень фабрично-заводского получения торфяного топлива требовал новых решений в технологиях производства и конструкциях применявшегося оборудования.

Появились и совершенствовались торфорезочные и формовочные машины и механизмы, различные виды прессов для формования брусов.

Позднее (конец XIX в.) возникла потребность в торфяном топливе для развивающегося железнодорожного транспорта. Этому содействовали как новые технологии добычи торфа, так и разработанные новые методы сжигания его в топках паровозов. Развитие торфяного дела в этот период основывалось на многочисленных научных исследованиях закономерностей образования, развития и состояния болотных массивов. Изучалась растительность, была проведена классификация болот по растительно-ландшафтному и водно-минеральному признакам, выявлены фитоценологические особенности зонального распределения. Среди ученых того времени, внесших заметный вклад в развитие науки о торфе, необходимо выделить В. В. Докучаева, Г. И. Танфильева, А. В. Фомина, В. Н. Сукачева и В. С. Доктуровского.

В конце XIX в. было начато широкое строительство торфобрикетных и торфококсовальных заводов, а также электростанций на торфе. Помимо первой Московской, в России были построены Ореховская, Балахнинская и Уральская электростанции, работавшие на торфе. Большой вклад в развитие и продвижение новых направлений использования торфа внесли известные российские инженеры Р. Э. Классон, И. И. Радченко, Г. М. Крижановский.

Первая торфоразработка на белорусской земле была организована в Оршанском уезде при стеклозаводе «Серковичи», вторая – для обеспечения кирпичного завода под Гомелем [2]. В 1913 г. в Беларуси действовало около 10 торфоразработок с общей добычей более 14 тыс. т. В 1928 г. после ввода в строй крупных торфопредприятий «Осинторф» и «Путь социализма» объем добычи торфа возрос до 100–120 тыс. т.

В топливной базе БССР в те годы доля торфяного топлива составляла до 26 %. Работали такие крупные торфопредприятия как «Большевик», «Красное знамя», «Красная Беларусь», «имени Орджоникидзе» и др. Было начато техническое перевооружение торфяной отрасли, происходило становление белоруской науки о торфе. Организация Центральной торфяной станции при Наркомземе БССР и последующее создание при Институте промышленности АН БССР Института торфа (25 декабря 1932 г.) способствовали широкому развитию работ по торфу, прежде всего по изысканию месторождений, определению основных физико-технических характеристик торфяных залежей, разработке новых технологий добычи и использования торфа.

В это время были развернуты работы по обследованию торфяных месторождений для потребностей промышленности: Цнянского и Михановичского под Минском; Горбузовки, Микельского и Ржавца под Гомелем. Были начаты работы по химической переработке торфа и изучению сапропелей как химического сырья. Был проведен значительный объем работ по газификации торфа для обеспечения газом ряда стекольных и механических заводов. Для дальнейшего расширения научных исследований в Институт торфа были приглашены известные ученые И. Г. Блох и В. Г. Горячкин, возглавившие работы по технологии и механизации добычи торфа, а также Б. К. Климов и В. Е. Раковский, организовавшие выполнение работ по химии и химической технологии торфа. В 1934 г. была составлена первая карта болот Беларуси.

Первым директором Института торфа АН БССР стал профессор Ф. Я. Бахтеев (1932–1936 гг.), который широко пропагандировал использование торфа в сельском хозяйстве и современные технологические процессы его добычи и переработки. В это же время в республике была организована подготовка инженерно-технических специалистов для торфяной отрасли. Созданный Торфяной институт вошел в состав Белорусского политехнического института в качестве факультета [3].

В 1930-е годы торфяная отрасль республики имела хорошие показатели как в сфере науки, так и практики. Значимые результаты были получены по газификации торфа: были завершены работы по опытному газогенераторному трактору ХТЗ (Б. К. Климов), закончено технико-экономическое обоснование по газификации г. Минска, начаты проектные работы по газификации г. Могилева (Б. К. Климов, А. П. Котковский). Кроме того, были завершены работы по расчетам запасов разведанных торфяных месторождений, паспортизации отдельных видов торфа, в том числе гидролизного сырья. Однако в эти же годы возрастающие объемы добычи торфа выявили определенные проблемы: большую трудоемкость болотно-подготовительных работ, низкий уровень механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, сложности при добыче экскаваторным способом. Имел место невысокий удельный вес наиболее механизированного фрезерного способа добычи торфа (около 50 %). Общая годовая добыча торфа в БССР в те годы составляла около 45 % в общем топливном балансе.

В становлении торфяной промышленности в республике можно выделить три периода.

Динамика развития торфяной промышленности Беларуси представлена на рис. 1, отражающем объемы добычи торфа по годам, начиная с 1928 г. (начало промышленной добычи), и по 2020 г.

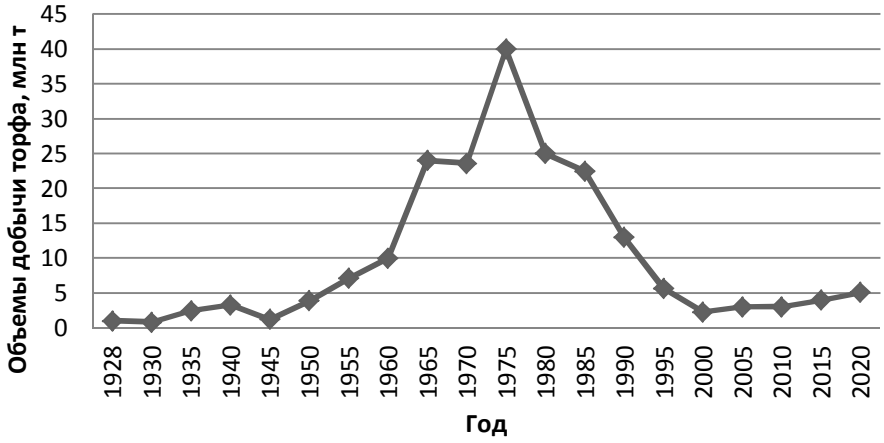


Рис. 1. Динамика объемов добычи торфа в БССР и Республике Беларусь

Fig. 1. Dynamics of peat extraction in BSSR and the Republic of Belarus

(плановая цифра государственной программы «Торф»). Отметим, что выбранный временной интервал в пять лет скрадывает ежегодные колебания объемов, которые происходили из за неблагоприятной для сушки/добычи погоды; наибольшие колебания имели место в 1960–1970 и 1978–1984 гг.

Первый этап развития торфяной промышленности (1918–1940 гг.) характеризуется активизацией изучения и разведки новых торфяных месторождений, что было обусловлено ростом спроса на топливную торфяную продукцию. Увеличение объемов добычи вызывалось также совершенствованием технологий добычи и имеющегося оборудования. В это время применялись резной и элеваторный способы добычи торфа. Имел место существенный рост объемов добычи: от 88,8 тыс. т в 1928 г. до 834 тыс. т в 1932 г. и до 2445 тыс. т в 1937 г.

Основными потребителями торфяного топлива являлись БелГРЭС и теплоэлектростанции в ряде городов. Торф использовался также предприятиями текстильной, строительной и пищевой промышленности. Наращивание объемов добычи торфа в тот период осуществлялось за счет использования многорядных ковшовых элеваторов (багеров Инсторфа), а также введения в эксплуатацию машинно-формовочного способа получения топливной продукции. Кроме того, началось использование фрезерного торфа и гидроторфа.

Заметным событием стало издание в 1940 г. Кадастрового справочника торфа БССР, в котором было учтено 5105 торфяных месторождений общей площадью в границах «0» залежи 1043 тыс. га., в границах промышленной залежи – 707,4 тыс. га с запасами 1,40 млрд м^3. В справочнике приведены следующие сведения по каждому месторождению: название, местоположение, площади в границах «0» и промышленной залежи, средняя глубина, запасы, тип, землепользователи, год разведки, водоприемник для осушения.

Великая отечественная война 1941–1945 гг. практически остановила торфяную промышленность БССР. Была уничтожена техника, многие специалисты ушли на фронт. Однако выполнение отдельных научно-исследовательских работ по торфу продолжалось. О полученных результатах было доложено В. Е. Раковским на сессии Академии наук БССР в ноябре 1942 г. в Ташкенте. Работа Института торфа АН БССР была возобновлена в 1943 г. в Москве в лабораториях Московского химико-технологического института и ряда других учреждений. С 1943 по 1948 г. и затем с 1960 по 1963 г. Институт возглавлял В. Е. Раковский – ученый в области химии твердого топлива. С 1948 по 1952 г. директором института был А. Б. Дубов.

Второй этап развития торфяной промышленности начался в послевоенные годы (1945–1975 гг.). Этот период характеризуется масштабными работами по обеспечению широкого использования торфа. Следует отметить высокие темпы роста объемов добычи торфа: от 0,6 млн т/год (1945–1960 гг.) до 2,5 млн т/год (1960–1975 гг.). Основная масса торфяной продукции на этом этапе предназначалась для использования в качестве топлива, а также для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Доминировали два способа добычи торфа – фрезерный и экскаваторный. На всех стадиях производства появилось много нового оборудования современного уровня: торфяные экскаваторы ТЭ-2, машины для рытья и ремонта осушительных каналов К-1А, дренажные машины

ДДМ-5 и МГД, машины для сводки леса ЭСМ-4, корчеватели РКШ-4, линейки фрезерных барабанов, ворошилок, валкователей, уборочных и окаравaнивающих машин. Это оборудование активно совершенствовалось на протяжении всего рассматриваемого периода, что обеспечивало повышение эффективности работ. Восстановить и поддерживать высокий уровень технического оснащения отрасли стало возможным благодаря тому, что производство основного оборудования было освоено на машиностроительных предприятиях республики.

Была разработана технология получения гранулированного торфа, обеспечивающая улучшение качества фрезерного торфа и технология глубокого фрезерования при производстве кускового торфа, не получившие однако широкого применения. В этот период были проведены организационные преобразования в масштабах республики – создано Управления торфяной промышленности Совета народного хозяйства, в подчинении которого находилось 84 % крупных торфопредприятий. В 1949 г. на базе торфопредприятия «Дукора» была организована торфяная опытная станция института, чья деятельность в тесном контакте с образованным конструкторским отделом была направлена на внедрение в практику новых и модернизированных машин и механизмов.

Выполнение работ по геологической разведке новых месторождений позволило подготовить и издать в 1953 г. справочник «Торфяной фонд Белорусской ССР», в котором были учтены около 77,1 % торфяных месторождений. Справочник содержал порайонные таблицы торфяных месторождений с полной информацией об использовании и характеристиках торфа, а также очерк по геоморфологии объектов, их классификации и технологическим средствам добычи торфа. В 1978 г. был издан новый Кадастровый справочник, который унифицировал информацию по всей территории СССР с использованием методологии союзного треста Геологоразведка и содержал расширенные и актуализированные данные по составу торфяного фонда.

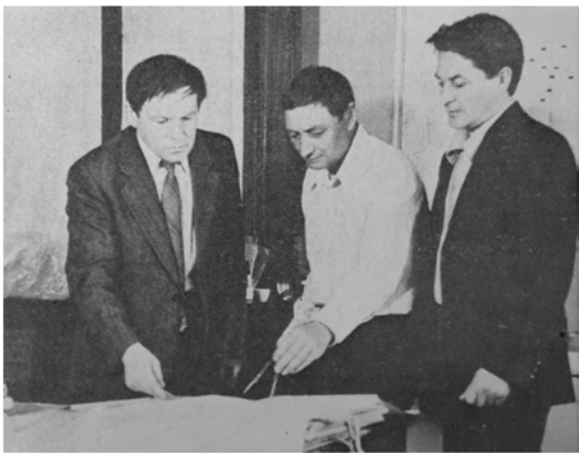


Рис. 2. Заведующий лабораторией генезиса торфяных и сапропелевых месторождений кандидат химических наук Н. Н. Бамбалов с сотрудниками обсуждают мероприятия по повышению эффективности использования торфяных месторождений в качестве сельскохозяйственных угодий*

Fig. 2. Head of the Laboratory of the Genesis of Peat and Sapropel Deposits Ph.D. of Chemical Sciences N. N. Bambalov with the staff consider the activity to improve the efficiency of the use of peat deposits as agricultural land

Наиболее важным научным результатом на этом этапе стала разработка перспектив развития торфяной отрасли на основе применения новых методов комплексного использования торфа с получением широкого спектра многоцелевой продукции для энергетики, сельского хозяйства, строительства, охраны окружающей среды и бытового потребления.

Были выполнены глубокие исследования по изучению генезиса и стратиграфии торфяных и сапропелевых месторождений, разработке способов химической и физико-механической переработки торфа с получением новых видов продукции, продолжались работы по созданию торфяного кадастра и карты торфяных месторождений БССР. Были начаты исследования по химиче-

*Использованы фотографии (рисунки) из книги «Институт торфа АН БССР» [4]. Здесь и далее в подписях под рисунками указаны данные о сотрудниках на момент фотографирования.

ским технологиям торфа и сапропелей, ионообменным и сорбционным свойствам торфа, экстракциям битума и воска, продуктам газификации торфа [4], микробиологии (Н. М. Курбатова-Беликова), гуминовым веществам (М. М. Журавлева, В. Е. Раковский), ряду продуктов газификации торфа. Получили развитие работы по формованию мелкокускового торфа (К. П. Куницкий, В. П. Кузнецов), исследованию отдельных операций процесса получения фрезерного торфа и гидроторфа (Н. С. Костюк, Ф. А. Малышев).

С 1952 по 1960 г. Институт торфа возглавлял П. И. Белькевич – крупный ученый в области химических технологий твердых горючих ископаемых.

Рис. 3. Заведующий лабораторией физикохимии торфа член-корреспондент АН БССР П. И. Белькевич и кандидат химических наук Л. А. Иванова проводят хроматографические исследования химического состава торфяного воска

Fig. 3. Head of the laboratory of the Physical Chemistry of Peat, Corresponding Member of the Academy of Sciences of BSSR P. I. Belkevich and Ph.D of Chemical Sciences L. A. Ivanova conduct the chromatographic studies of the chemical composition of peat wax

Выполнялась большая работа по заготовке торфа на удобрения (А. И. Селитренников). Она базировалась на изучении химического состава торфа и сапропелей с выделением особенностей отдельных компонентов: битумов, гуминовых веществ, лигнина и др. Особое внимание было уделено изучению ионных свойств торфа, обменной адсорбции, вопросам разработки и применения сорбентов для очистки воды (В. Е. Раковский, П. И. Белькевич, Л. В. Пигулевская, Л. Р. Чистова, О. И. Мазина). Были выполнены исследования процессов экстракции битумов (Ф. Л. Каганович) и их состава (В. Е. Раковский, Е. Ф. Далидович, Л. А. Иванова, Г. В. Наумова). На протяжении многих лет большое внимание уделялось торфяным машинам и технологии добычи торфа.

Наряду с физическими свойствами торфа, были детально изучены его упругие и пластические показатели в технологических процессах, а также прочность готовой продукции (Ф. А. Опейко, В. Г. Горячкин, И. С. Нагорский, В. В. Садовничий, Н. С. Костюк, Е. А. Жук). К концу 1960-х годов в институте были внедрены современные методы исследований: хроматография, инфракрасная спектрометрия, ЯМР (В. Е. Раковский, В. Д. Чайкова, В. П. Стригуцкий). Решались теоретические вопросы по переработке торфа в различных механизмах, совершенствовались методы брикетирования торфа (В. М. Наумович), получения гранулированной продукции (Н. П. Перов, А. Б. Дубов). Нашла широкое применение практика внесения гидроторфа на малопродуктивных песчаных почвах, было изучено его влияние и экономическая эффективность (Ф. А. Малышев). Продолжилось совершенствование процессов брикетирования торфа, были разработаны новые машины по производству кускового торфа как эффективного коммунально-бытового топлива (МБТ-500). Были начаты работы по исследованию пневматической уборки фрезерного торфа и получению топливных полубрикетов.

Значительное внимание уделялось теоретическим вопросам торфяной механики применительно к торфяным машинам и технологии торфодобычи: (Н. С. Костюк, Н. С. Кривошейн, М. З. Лопотко, А. И. Федотов, А. В. Тишкович), были изучены вопросы сушки торфа, теория гусеничного хода, моде-

ли трения, кинематика ряда механизмов и машин (Ф. А. Опейко, И. В. Можар, И. С. Нагорский, Н. В. Кислов).

С 1963 по 1973 г. Институт торфа возглавил Н. С. Панкратов – ученый в области технологии и техники торфяного производства. В 1970-е годы в Институте торфа продолжались исследования по генезису торфяных месторождений, химии торфа и сапропелей. Под руководством В. Е. Раковского и П. И. Белькевича были выполнены исследования процессов гумификации растений-торфообразователей, их временные закономерности, изменения характеристик торфа в различных условиях, в том числе при термическом разложении. Были изучены основные природные и техногенные факторы, определяющие состояние торфа при хранении, изучена природа и механизм процесса саморазогревания и самовозгорания торфа, был выполнен большой объем исследований по изменению теплофизических и технологических свойств торфа в процессе саморазогревания. Исследовались состав микрофлоры, биохимические и химические превращения в торфяной массе при хранении, были опробованы существующие и разработаны новые приемы ингибирования процесса разогревания торфа, разработаны рекомендации по предотвращению потерь торфа от саморазогревания и самовозгорания (Н. С. Панкратов, С. С. Маль, П. Л. Фалюшин, Г. В. Наумова, А. П. Гаврильчик, З. М. Сливка, Г. И. Максименок). Было изучено изменение важнейших физико-технических и химических характеристик торфа при хранении, разработаны методы предупреждения нежелательных изменений.

Рис. 4. Кандидат технический наук С. С. Маль, старшие инженеры С. С. Поваркова и З. М. Сливка изучают свойства красителя из торфа для древесины

Fig. 4. Ph.D of Technical Sciences S. S. Mal, Senior Engineers S. S. Povarkova and Z. M. Slivka study peat dye properties for wood

Продолжалось также изучение состава торфяного воска и продукции на его основе, механизмов деструкции торфа и его компонентов в атмосфере водяного пара. Были выполнены расчеты режимов получения кускового торфа, начаты работы по автоматизации отдельных технологических процессов добычи и переработки торфа. Значимые результаты получены в исследовании гидролиза малоразложившегося торфа с целью получения кормовых добавок для животноводства (В. С. Шиманский, Р. Ф. Братишко, А. П. Лецко).

Появились новые элементы в технологиях добычи торфа: глубокое фрезерование, гранулирование торфа и смесей, пневматическая сепарация, щелевое фрезерование. Значительно расширились исследования по физике и физико-химии торфа: было начато изучение водных свойств различных видов торфа, водопоглощаемость, перенос влаги и тепла в торфе, электрические свойства залежи торфа и продукции на его основе (А. П. Гаврильчик, Ф. С. Яцевич, А. П. Лецко, П. Н. Давидовский, Н. М. Солодухо).

В исследованиях тех лет явно прослеживается ориентированность на удовлетворение запросов потребителей. Выполнялись работы по разработке способов повышения водоустойчивости брикетов, улучшению качества минерально-гуминовых удобрений, разработке технологии производства торфяных активных углей, улучшению структуры супесчаных почв, обессмоливанию и этерификации торфяного воска, применению торфяного воска в металлургии. Были выполнены работы по совершенс-

твованию торфяного производства, в частности: по автоматическому контролю весовых характеристик на брикетных заводах, повышению качества пневмогазовой сушки торфа, повышению брикетируемости сушенки, обогащению сапропелей, испытанию новых конструкций формующих устройств. Создание Научного совета по проблемам Полесья способствовало активизации исследований в этом регионе. Были подготовлены и изданы 14 сборников научных трудов (Ф. А. Малышев, И. И. Лиштван, Н. Н. Бамбалов, Л. М. Ярошевич, Г. Д. Горбутович).

В это же время были начаты работы по пневмотранспорту измельченного торфа, разработке методов и приборов определения важнейших физических характеристик торфа в технологических процессах (влагомеров, расходомеров, дозаторов) (М. А. Гатих, Г. А. Куптель, Л. С. Лис, В. А. Царев), автоматическому регулированию и управлению процессами брикетного производства (М. А. Гатих, В. Е. Геншафт), технологии гидромеханизированной добычи сапропелей из открытых водоемов (М. З. Лопотко, С. К. Дубинин, А. П. Лецко).

1970-е годы были весьма результативными в истории института – периодом большого разнообразия научных направлений и создания высокопрофессионального коллектива. Институт стал крупнейшим научно-исследовательским центром, решающим важнейшие задачи в области рационального использования торфяных ресурсов страны.

Рис. 5. Доктор технических наук, директор Института торфа И. И. Лиштван

Fig. 5. Doctor of Technical Sciences, director of the Institute of Peat I. I. Lishtvan

В 1973–1987 гг. и в 1990–1997 гг. директором Института торфа БССР являлся И. И. Лиштван. Широкий спектр выполнявшихся в те годы работ был ориентирован на практическое применение с высоким экономическим эффектом. Исследования по генезису торфяных и сапропелевых месторождений позволили установить закономерности их формирования в различные периоды, были получены новые данные по механизму процессов торфообразования, составлены стратиграфические схемы сапропелевых отложений (А. П. Пидопличко, М. А. Канойко, Б. В. Курзо), обоснованы сырьевые базы битуминозного и гидролизного сырья, составлены справочники, зарезервированы законодательно соответствующие базы.

На основе исследований физических и физико-химических свойств различных видов торфа были разработаны методы оптимального регулирования состава и свойств торфа путем управления процессами структурообразования и тепломассопереноса, что позволило разработать новые технологические схемы комплексного использования торфа и торфяных месторождений (И. И. Лиштван, А. А. Терентьев, А. М. Лыч, П. Н. Давидовский, Г. П. Бровка, А. М. Абрамец, Н. Н. Битюков, В. М. Дударчик, Ю. Г. Янута). Были выявлены структурные особенности ассоциатов углеводного и углеводородного комплексов, определены энергетические параметры взаимодействия молекул воды с твердой фазой торфа. Были разработаны приборы и методики по определению структурных характеристик горных пород, разработаны высокостабильные буровые растворы на основе сапропелевых суспензий.

В результате изучения физических свойств торфяных залежей и торфяной продукции были разработаны некоторые положения механики торфа для использования при конструировании новых торфяных машин; предложены методы расчета несущей способности залежи, анизотропного трения, параметров резания грунта, степени переработки торфяной массы (Ф. А. Опейко, Ф. С. Яцевич, А. И. Федотов, Н. А. Кот). Были обоснованы новые направления использования торфа в различных отраслях экономики, в том числе в природоохранной деятельности. Изучение ионообменных свойств компонентов торфа и разработанные методы регулирования гидрофильности и гидрофобности позволили предложить новые эффективные сорбционные материалы (И. И. Лиштван, Н. Д. Дрожалина, Л. Р. Чистова, А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, Н. И. Лыч, Т. М. Липская). Исследования торфяного воска новейшими методами дали возможность выделить большую группу физиологически активных соединений, на основе которых были разработаны препараты медицинского назначения, были выявлены механизмы лечебного действия ряда продуктов этанольного экстракта смолы торфяного воска (П. И. Белькевич, Н. Г. Голованов, Е. Ф. Долидович, Л. А. Иванова, Л. С. Шеремет). Результаты работ по химии торфа обеспечили существенное расширение его практического использования. Так, были разработаны торфяной краситель для мебельной промышленности на основе выделенных гуминовых веществ (А. П. Гаврильчик, С. С. Маль), преобразователь ржавчины (С. С. Маль, А. П. Гаврильчик, Т. Я. Кашинская, Л. П. Майко), серия модельных составов на основе торфяного воска для литья деталей сложной конфигурации методом выплавляемых моделей с использованием различных наполнителей (тонкодисперсных фракций торфа и сапропелей) для обеспечения высокой термостойкости, прочности и гидрофильности.

Рис. 6. Доктор технических наук М. А. Гатих, кандидаты технических наук Ф. С. Яцевич, Л. С. Лис и Н. М. Солодухо анализируют задания по механизации и автоматизации производственных процессов при добыче и переработке торфа

Fig. 6. Doctor of Technical Sciences M. A. Gatih, Ph.D of Technical Sciences F. S. Yatsevich, L. S. Lis and N. M. Soloduho analyze tasks on mechanization and automation production processes in the extraction and processing of peat

Были выполнены исследования по получению активированных углей из обезбитуминизированного торфа. Были установлены закономерности образования пористой структуры углей, параметры технологических процессов производства, разработаны рецептуры модифицированных торфяных углей для очистки воздуха от паров летучих органических соединений, очистки жидких сред от ионов металлов и радионуклидов, очистки пищевой продукции от различных загрязнителей. Разработанная продукция успешно прошла проверку, однако производство организовано не было (П. И. Белькевич, Н. Д. Дрожалина, О. И. Мазина, В. К. Жуков).

Важные результаты были получены в результате изучения свойств гуминовых веществ, выделенных из торфа разными методами. На основе комбинированного кислотно-щелочного гидролиза были созданы и испытаны биологически активные препараты Оксидат, Гидрогумат, Оксигумат для использования в растениеводстве в качестве ростостимулирующих и фунгицидных препаратов для корнеплодов, овощных и зерновых культур. Кроме того, в результате исследований было установлено положительное воздействие гуминовых препаратов на живые организмы, что создает перспективы

для их использования в животноводстве и инженерной микробиологии (И. И. Лиштван, Г. В. Наумова, Н. Ф. Сорокина, С. И. Коврик, Р. В. Кособокова, Л. В. Косоногова, Т. И. Райцина, Р. Ф. Братишко).

С помощью комплекса оригинальных установок и методик получено множество характеристик структурно-механических, теплофизических и массообменных свойств природных дисперсных материалов при положительных и отрицательных температурах, что позволило выполнить расчеты при проектировании ряда промышленных объектов (И. И. Лиштван, Г. П. Бровка, И. В. Дедюля, П. Н. Давидовский, И. И. Романенко, В. И. Тановицкий).

Рис. 7. Заведующая лабораторией химико-биологических исследований торфа кандидат технических наук Г. В. Наумова, кандидаты технических наук Р. В. Кособокова, Р. Ф. Братишко и Н. Ф. Сорокина анализируют результаты очередного эксперимента по получению стимуляторов роста

Fig. 7. Head of the Laboratory of the Chemical and Biological Research of Peat, Ph.D. of Technical Sciences G. V. Naumova, Ph.D of Technical Sciences R. V. Kosobokova, R. F. Bratishko and N. F. Sorokina analyze the results of the experiment to obtain growth stimulants

Рис. 8. Доктор технических наук А. В. Тишкович (*в центре*) с сотрудниками рассматривают новые виды комплексных гранулированных удобрений на основе торфа

Fig. 8. Doctor of Technical Sciences A. V. Tishkovich (*in the center*) with the staff consider new types of complex granulated fertilizers based on peat

В результате выполнения работ по изучению ионообменных свойств композитов на основе торфа были разработаны эффективные сорбенты для очистки почв от нефтяного и радиационного загрязнений.

Широкое применение в сельскохозяйственном производстве нашли разработанные сотрудниками института высокоэффективные органические удобрения на основе торфа, минеральных туков и отходов животноводства. Для их выпуска было организовано промышленное производство (А. В. Тишкович, Г. П. Вирясов, В. Г. Шныриков, Г. А. Соколов, Т. А. Шатихина).

В 1970–80-х годах в институте был выполнен большой объем работ по исследованию сапропелей. Были разведаны его новые залежи в водоемах и под торфяной залежью, разработана промышленно-генетическая классификация сапропелей, разработаны эффективные технологические приемы по добыче сапропелей, повышающие производительность используемого оборудования. Было построено около 50 промышленных объектов по добыче сапропелей. Важнейшим направлением использования добытого сапропеля явилось производство удобрений на его основе для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Были изучены особенности генезиса озерных отложений республики, а также предложены рецептуры компостов, питательных смесей и гранулированных удобрений (М. З. Лопотко, С. К. Дубинин, Б. В. Курзо, Г. А. Евдокимова, С. В. Богданов, И. С. Бракович).

Рис. 9. Заведующий лабораторией сапропелей кандидат технических наук М. З. Лопотко (*второй справа*), кандидат технических наук С. К. Дубинин, кандидат сельскохозяйственных наук П. Л. Кузмицкий и старший инженер Л. П. Пекач обсуждают результаты исследований по добыче и использованию сапропелей в качестве удобрений

Fig. 9. Head of the Laboratory of Sapropel, Ph.D. of Technical Sciences M. Z. Lopotko (*second from right*), Ph.D of Agricultural Sciences S. L. Kuzmitsky and senior engineer L. P. Pekach discuss the results of research on mining and the use of sapropel as fertilizer

На протяжении этого периода сотрудники института активно занимались исследованиями по вопросам рационального использования торфяных почв. Были разработаны математические модели баланса органического вещества торфяно-болотных почв с учетом качественного состава органического вещества, условий и продолжительности эксплуатации, что позволило развить представления о временной деградации их урожайности, а также разработать рекомендации по их оптимальному использованию. Были предложены также специальные механизмы для обработки таких почв, обеспечивающие снижение эрозии (Н. Н. Бамбалов, Л. М. Ярошевич, А. И. Федотов, В. И. Бакшанский). Продолжались работы по оценке экологических функций торфяных месторождений в окружающей среде (Н. Н. Бамбалов, В. В. Ракович).

Кроме того, в институте появилось новое направление по исследованию имеющихся на территории республики бурых углей и горючих сланцев и разработке способов их использования. При каталитическом термолизе горючих сланцев с различной предварительной обработкой были достигнуты экономически выгодные результаты по выходу смолы. Бурые угли разведанных месторождений было рекомендовано использовать для получения торфо-угольных брикетов, органоминеральных удобрений, красителей, а после термической переработки – жидких и газообразных топлив, полукок-

са, высокопрочных адсорбентов (Ю. И. Горький, И. И. Лиштван, П. Л. Фалюшин, З. К. Лукьянова, В. С. Мартинович, Г. И. Морзак, В. С. Зеньков, В. М. Дударчик, В. М. Крайко).

Начало периода становления торфяной промышленности отнесено нами к 1980-м годам.

В 1970–80-х годах с началом газификации Беларуси электростанции Белорусской энергосистемы, крупные промышленные и коммунальные котельные перешли на использование сначала мазута, а затем природного газа. Одновременно с этим происходило постоянное сокращение добычи торфа и производства брикетов. Так, в 2001 г. эти показатели составляли 2,0 и 1,1 млн т, соответственно. Из 44 заводов, производивших топливные брикеты, остался в строю лишь 21. За годы упадка отрасли они морально и физически устарели, износ основного оборудования достиг более 50 %.

Однако конъюнктура мировых цен на энергоносители привела к сокращению объемов применение природного газа и после многолетнего перерыва вновь встал вопрос о необходимости возврата к использованию местных топливно-энергетических ресурсов. Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 17 сентября 2007 г. № 433, была поставлена задача по снижению в энергобалансе страны удельного веса природного газа путем увеличения доли местных видов топлива до 25 %. Акцент был сделан в том числе и на увеличение использования торфа.

Материалы по торфяному фонду в этой ситуации, а также стратегия использования торфяных ресурсов в новых условиях потребовали существенных изменений и уточнений.

К концу 1980-х годов значительное место в исследованиях института стала занимать природоохранная тематика. В этой связи содержание и структура научно-исследовательских работ института претерпели существенные изменения, а в 1990 г. произошло преобразование Института торфа АН БССР в Институт проблем использования природных ресурсов и экологии АН БССР.

Отметим, что в преобразованном институте были сохранены специалисты по торфу, поэтому исследования в этой области не были прекращены. Торфяная тематика сохранилась в планах лабораторий биогеохимии ландшафтов (заведующий – академик Н. Н. Бамбалов), использования и охраны торфяных месторождений (заведующий – доктор технических наук А. П. Гаврильчик, доктор технических наук Б. В. Курзо), физико-химической механики природных дисперсных систем (заведующий – академик И. И. Лиштван, доктор технических наук Г. П. Бровка), агроэкологии (заведующий – кандидат сельскохозяйственных наук Г. А. Соколов, экотехнологии (заведующий – кандидат химических наук А. Э. Томсон).

Так, были выполнены работы по теории и механизмам минерализации торфа, молекулярной структуре и свойствам гуминовых веществ, разработаны методы научно обоснованного природопользования на торфяных месторождениях. Были установлены закономерности гумификации органогенных материалов, продолжены работы по классификации биосферных функций болот, разработан прогноз изменения торфяных почв.

Существенно пополнилась информация по торфяному фонду, были внесены принципиальные изменения в технологию производства кускового торфа, исследован ряд методов воздействия на торфяные и сапропелевые системы с целью повышения качества продукции на их основе. Подготовлена и утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь «Схема распределения торфяников Республики Беларусь по направлениям использования на период до 2030 года» (Л. С. Лис, Н. И. Тановицкая, Ю. Ю. Навоша). Обоснована эффективность перехода торфяной отрасли на новые технологии комплексной глубокой переработки торфа с получением продукции для энергетики, сельского хозяйства, промышленности, строительства и охраны окружающей среды. Разработана база данных торфяных месторождений, пригодных для комплексного освоения. Оборудован новый перспективный брикетный завод по производству торфяных брикетов с возможностью его переустановки на новые сырьевые базы.

Разработана теория миграции влаги при промерзании дисперсных материалов. Выполнены работы по детальному изучению характеристик бурых углей Житковичского месторождения и Лельчицкого проявления. Разработаны компьютерные программы для изучения процессов промерзания почв, рассмотрены вопросы пиролиза растительной биомассы и торфа, даны рекомендации по энерготехнологическому использованию продуктов пиролиза. Рассмотрены вопросы переноса влаги в реологически сложных системах, представленных в вязких, вязко-упругих и упругих моделях, объяснены их различия. Уточнена конструкция, разработана документация, выполнены исследования газогенератора на фрезерном торфе, даны рекомендации по его использованию.

Рис. 10. Модульный автоматизированный комплекс по производству торфяных брикетов ТБЗ «Лидский»

Fig. 10. Modular automated production complex on peat briquettes production PBF "Lidsky"

Рис. 11. Кандидат технических наук Ю. Г. Янута проводит эксперимент с сотрудниками лаборатории

Fig. 11. Ph.D of Technical Sciences Yu. G. Yanuta conducts an experiment with the laboratory staff

Обоснованы принципы использования гуминовых препаратов для окультуривания территорий, нарушенных хозяйственной деятельностью, разработаны новые гуминовые препараты для обустройства пустынных (песчаных) территорий. Исследовано влияние модификации торфа поверхностно-активными веществами и биоцидами на фунгитоксичные свойства композиционных материалов, установлены оптимальные режимы такой обработки. Проверена ростстимулирующая эффективность ряда разработанных сотрудниками института препаратов на основе торфа (Гидрогумат, Оксигумат, Мальтамин, Дублин), проведена их классификация, подготовлены рекомендации по применению. Разработана новая кормовая добавка на основе торфа для высокопродуктивных пород сельскохозяйственных животных. Выполнена проверка разработанных биологически активных препаратов в новых направлениях: для выращивания древесных декоративных растений и для производства кормовых добавок. Предложен новый биологически активный препарат для хранения плющеного зерна, оценена его эффективность в сравнении с импортными аналогами.

Продолжены исследования сорбционных свойств различных композиционных материалов для использования в качестве средств очистки объектов и окружающей среды от различных загрязните-

лей. Разработаны сорбенты нефтезагрязнителей и тяжелых металлов, препараты для защиты материалов от плесневого поражения. Проведены поисковые исследования по новым видам биоудобрений с использованием отходов птицефабрик (А. Э. Томсон, Т. В. Соколова, Н. А. Сосновская).

В это же время были проведены комплексные исследования по минимизации загрязнения земель радионуклидами (В. Е. Смеловский, П. Н. Давидовский, Н. Н. Бамбалов, А. М. Лыч, А. М. Абрамец, А. П. Гаврильчик и др.).

Продолжены исследования эффективности применения серии разработанных удобрений Элегум на различных культурах, а также оценены различные методы активизации органического вещества торфа и вторичного сырья для использования в составе удобрительных и мелиорирующих смесей. Выполнена сравнительная оценка биологической эффективности гуминовых веществ, выделенных различными методами. Проведено изучение процессов гидродинамической кавитации торфа и сапропелей, динамики и количественных показателей выхода водорастворимых и гуминовых веществ.

В 2008 г. Советом Министров Республики Беларусь была утверждена Государственная программа «Торф» на период до 2020 года, в которой был намечен рост объемов добычи торфа и производства топливных брикетов и поставлена задача полного удовлетворения потребностей республики в торфяном топливе. В ходе выполнения Государственной программы было достигнуто снижение износа основных фондов предприятий торфяной промышленности с 70,2 до 44,0 %. Был освоен выпуск практически всего спектра оборудования для выполнения болотно-подготовительных работ, добычи, транспортировки и переработки торфа. Очередным шагом в развитии торфяной промышленности стало утверждение в 2010 г. Государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива, которая предусматривала ввод к 2015 г. 36 энергетических объектов на торфяном топливе.

Следует отметить некоторое расширение номенклатуры выпускаемой торфяной отраслью продукции. Так, в 2011 г. в агрогородке Крулевщина ПУ «Витебскторф» УП «Витебскоблгаз» был введен в эксплуатацию завод по производству питательных грунтов и киповке верхового торфа производственной мощностью 200 тыс. $м^3$ (38 тыс. т) в год. Через четыре года начал работу завод по производству субстратов (питательных грунтов) на основе торфа ОАО «ТП Глинка» производственной мощностью 183,6 тыс. $м^3$ (35 тыс. т) в год.

Освоение производства экспортоориентированной торфяной продукции нетопливного назначения – торфа верхового кипованного и грунтов торфяных питательных – придало новый импульс развитию отрасли, увеличить объемы ее экспорта и диверсифицировать рынки сбыта.

Рис. 12. Линия по производству торфяных субстратов на торфопредприятии «Глинка»

Fig. 12. The line for the peat substrates production on "Glinka" peat enterprise

С 2017 г. после прекращения работ по Государственной программе «Торф» торфяная промышленность республики развивается в соответствии с Отраслевой программой развития организаций торфяной промышленности, входящих в систему Министерства энергетики Республики Беларусь, на 2017–2020 годы. Программа поставила перед отраслью новые задачи и определила перспективы ее развития.

Существенному развитию работ по комплексному использованию и глубокой переработке торфа и сапропеля будет содействовать созданный в Институте природопользования НАН Беларуси

Центр по торфу и сапропелю (И. И. Лиштван, А. Э. Томсон). В его планы включено проведение работ по созданию горно-химического комбината с производством активированных углей, торфоминеральных гранулированных удобрений, широкого набора гуминовых препаратов, сорбентов-поглотителей, грунтов и субстратов.

Ранее (1980 г.) по данным Института торфа АН БССР и Министерства топливной промышленности БССР было разработано технико-экономическое обоснование целесообразности строительства предприятий по комплексной переработке торфа с получением целого ряда ценных продуктов по малоотходным технологиям. Было показано, что при переработке 500 тыс. т торфа в год можно получить 15 тыс. т кормовых дрожжей, 80 тыс. т осахаренного торфа, 1,6 тыс. т воска, 10,5 тыс. т активированных углей, 100 тыс. т гранулированных органоминеральных удобрений (Г.А. Филлипов, И.И. Лиштван). Проект этого производства был разработан Институтом «Гипроторф» (г. Москва). В качестве сырьевой базы было выбрано торфопредприятие «Татарка», а финансирование предполагалось осуществлять через ведомства СССР. Однако это работа была остановлена. Результаты выполненных при этом исследований были применены при организации ряда производств: завода горного воска в Дукоре, цеха по производству гранулированных торфоминеральных удобрений, опытных производств по получению кормовых добавок и др.

К настоящему времени в институте выполнен комплекс подготовительных и проектных работ по строительству горно-химического комбината по комплексной глубокой переработке торфа с получением новой наукоемкой продукции для энергетики, сельского хозяйства, промышленности, строительства, охраны окружающей среды и медицины (И. И. Лиштван, В. К. Жуков, А. Э. Томсон, Г. В. Наумова, Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов).

Основу этого перспективного производства будет составлять производство активированных углей из торфа и комплексных органоминеральных гранулированных удобрений пролонгированного действия.

По заключению специалистов ЭНПО «Неорганика» (г. Электросталь, Московская обл.), полученный из кускового белорусского торфа активированный уголь АУ-ТБ по структуре, адсорбционным и прочностным свойствам практически идентичен активированному углю на основе древесного угля марки БАУ и может применяться для адсорбции примесей из жидких сред, в том числе для очистки питьевой воды, оборотных и сточных вод, очистки парового конденсата на ТЭЦ от масел и других примесей. В измельченной форме (размер частиц менее 100 мкм) уголь АУ-ТБ идентичен осветляющим углям марки ОУ-А, ОУ-В, ОУ-Г по ГОСТ 4453-74, которые могут быть применены для очистки и изготовления медицинских препаратов в фармацевтической промышленности, а также для очистки растворов при производстве пищевых органических кислот, для очистки и осветления растворов в пищевой продукции; для очистки жидкостей от высокомолекулярных смолистых и окрашивающих примесей в органическом синтезе.

Анализ мирового рынка активированных углей, а также их импорта Республикой Беларусь за период с 2008 по 2018 г. показал, что потребности в нем промышленности достаточно высоки и составили за то время около 5 тыс. т, на что было израсходовано около 15 млн долл. США. При этом цена на активированные угли имеет тенденцию роста.

На протяжении многих лет работы по торфяной тематике в институте проводились с учетом опыта стран ближнего и дальнего зарубежья (России, Украины, Китая, Польши, Финляндии, Швеции, Канады, США, Ирландии, Англии, Венгрии и др.) при тесном сотрудничестве с Международным торфяным обществом.

Список использованных источников

1. Копенкина, Л. В. История торфяного дела в России / Л. В. Копенкина. – Тверь : ТГТУ, 2015. – 228 с.
2. Сквозь годы в согласии с природой. Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Минск, 1998. – 136 с.
3. Труды Института торфа Академии наук БССР. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1951–1960. – Т. I–IX.
4. Институт торфа АН БССР. – Минск: Наука и техника, 1983. – 160 с.

References

1. Kopenkina L. V. *Istoriya torfyanogo dela v Rossii* [History of peat in Russia]. Tver, 2015, 228 p. (in Russian).
2. *Skvoz' gody v soglasi i s prirodoj. Institut problem ispol'zovaniya prirodnyh resursov i ekologii NAN Belarusi* [Through the years in harmony with nature. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus]. Minsk, 1998, 136 p. (in Russian).
3. *Trudy Instituta torfa Akademii nauk BSSR* [Proceedings of the Institute of Peat of the Academy of Sciences of the BSSR]. Minsk, Academy of Sciences of the BSSR Publ. 1951–1960. Vol. I–IX.(in Russian).
4. *Institut torfa Akademii nauk BSSR* [Institute of Peat of the Academy of Sciences of the BSSR. Minsk, Science and Technique Publ.,1983, 160 p. (in Russian).

Информация об авторах

Лиштван Иван Иванович – акад., д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail:nature@ecology.basnet.by

Лис Леонид Сергеевич – канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Information about the authors

Ivan I. Lishtvan – Academician, D.Cs. (Technical), Professor, Chief researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Leonid S. Lis – Ph.D. (Technical), Leading Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

ГЕОГРАФИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ
GEOGRAPHY. GEOECOLOGY

УДК 551.582.2(476)

Поступила в редакцию 25.10.2018
Received 25.10.2018

О РОЛИ УРБАНИЗАЦИИ В ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА БЕЛАРУСИ

В. В. Коляда

Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В статье приводятся результаты анализа неоднородности временных рядов средних температур воздуха за год, холодный и теплый периоды под влиянием роста городов (эффект урбанизации) для метеорологических станций Беларуси за послевоенный период. По обобщенным в климатических справочниках метаданным рассчитаны абсолютные масштабы переносов станций (площадок) и оценена чувствительность температуры воздуха к имевшим место изменениям их географических координат и абсолютной высоты. С использованием метода разностей по реперным климатическим станциям Горки и Василевичи выявлены эффекты переноса станций Могилев и Бобруйск, а также застройки окрестностей станций Гомель и Жлобин на температурные ряды наблюдений. На основе установленных поправок проведена гомогенизация температурных рядов городских станций. Методом расчета линейных трендов для городских станций оценивается роль эффекта урбанизации в величинах современного потепления климата на территории Беларуси.

Ключевые слова: средняя температура воздуха; неоднородность временных рядов; переносы метеорологических станций; эффект урбанизации; потепление климата; Беларусь.

Для цитирования. Коляда В. В. О роли урбанизации в изменении климата Беларуси // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 22–35.

ABOUT THE ROLE OF URBANIZATION IN THE CLIMATE CHANGE OF BELARUS

V. V. Kalyada

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The article presents the results of the analysis of the heterogeneity of the time series of average air temperatures for the year, cold and warm periods under the influence of urban growth (the effect of urbanization) for meteorological stations of Belarus in the postwar period. According to the observation metadata summarized in climatic reference books, the absolute scales of stations (sites) transfers were calculated and the sensitivity of air temperature to changes in their geographical coordinates and altitude was estimated. Using the difference method for the reference climatic stations Gorki and Vasilevichi, the effects of the relocation of Mogilev and Bobruisk stations, as well as the building out of the surroundings of Gomel and Zhlobin stations on the air temperature series of observations, were revealed. Based on the established amendments, homogenization of the temperature series of urban stations was carried out. The method of calculating linear trends is used to estimate the role of the effect of urbanization in the terms of the current climate warming in Belarus.

Key words: mean air temperature; heterogeneity of time-series; relocations of meteorological stations; effect of urbanization; climate warming; Belarus.

For citation. Kalyada V. V. About the role of urbanization in the climate change of Belarus. *Nature Management.* 2018. no. 2, pp. 22–35.

Введение. Основным источником информации о современном климате Беларуси, как и большинства стран мира, несмотря на все более широкое использование дистанционных спутниковых данных, остаются материалы инструментальных наблюдений, проводимых на сети приземных метеорологических станций согласно утвержденным регламентам (программы, сроки и правила наблюдений, системы измерения и типы приборов и др.) в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации (ВМО) [1].

Получение кондиционной метеорологической информации обеспечивается не только требованиями к проведению наблюдений и правилами обработки их результатов, но и требованиями к созданию и организации самой сети. Чтобы обеспечить необходимую точность интерполяции фоновых

значений показателей для любого пункта территории наблюдательная сеть должна быть репрезентативной по отношению к важнейшим климатообразующим факторам. Это достигается равномерным распределением по территории основных станций, а также организацией дополнительных станций для характеристики специфических природных условий [1].

Метеорологическая станция размещается на участке площадью в 1 га, вокруг которого создается охранная зона шириной 200 м. Ее площадка, обычно в виде квадрата 26 × 26 м, оборудуется на типичном участке местности. Она должна быть удалена от невысоких отдельных препятствий (одноэтажных построек, одиночных деревьев и т. п.) на расстояние не менее их 10-кратной высоты, а от значительных по протяженности препятствий (лесов, больших групп построек, жилых кварталов и т. п.) – не менее их 20-кратной высоты. Приборы и установки на метеорологической площадке должны быть размещены в соответствии с рекомендуемым планом, а ее поверхность поддерживаться в качественно неизменном состоянии [1].

Повышенные требования предъявляются к реперным станциям, предназначенным для выявления вековых тенденций изменений климата. Как известно, климат характеризует режим погодных условий за период в несколько десятилетий. Поэтому эти станции выбираются из числа основных с непрерывным рядом однородных наблюдений в течение не менее чем 30 лет (согласно рекомендациям ВМО), в районах с минимальными антропогенными нарушениями окружающей среды. В их состав включают станции в заповедниках, а охранную зону расширяют до 300 м [2].

Использование однородных метеорологических рядов является непременным условием полноценных климатологических обобщений. Однородным считается ряд, уровни которого изменяются года от году лишь под влиянием макропроцессов в атмосфере, определяющих погоду и климат данного района [3]. Нарушение однородности может происходить в результате: переноса станции или изменения характера местности в ее окрестностях (застройка, вырубка или посадка леса, заболачивание или осушение местности, распашка и т. п.); изменения типа приборов или их установок, числа и времени сроков наблюдений, методики осреднения наблюденных значений, а также из-за ошибок наблюдателей [4, 5].

Проблема обеспечения однородности временных рядов метеорологических величин приобрела особую актуальность в условиях современных изменений климата [5–9]. Нарушения однородности способны исказить как временную динамику, так и пространственную (территориальную) структуру климата, не позволяя получить объективные оценки трендов его показателей или адекватное представление об их географическом распределении на картах. Особое значение при этом имеют нарушения однородности рядов под влиянием урбанизации территории, под которой обычно понимают степень застройки городского землепользования, вызывающее искусственные отклонения в метеорологических данных [10].

Как было установлено еще в начале XIX в. Л. Ховардом при изучении климата Лондона, городская среда формирует специфический местный климат, важнейшей особенностью которого является городской остров тепла, обнаруживаемый в виде положительной аномалии температуры в сравнении с соседними сельскими станциями [11]. Масштаб проблемы определяется величинами аномалий, сопоставимыми со значениями современного потепления, а также тяготением станций, обладающих наиболее длинными рядами наблюдений, к крупным городам. Например, в Европе более чем половина действующих с 1850 г. метеорологических станций расположены в городах с населением не менее 500 тыс. жителей [12]. Аналогичная ситуация наблюдается и в других регионах мира.

Хотя большинство выполненных оценок говорят о незначительном вкладе эффекта урбанизации в современное потепление [7–9], локальное повышение среднегодовой температуры в крупных городах могут превышать 1 ºС, что соизмеримо или даже превосходит ее вековые изменения под влиянием макропроцессов на глобальном и региональном уровнях. Поэтому вопрос об оценке искажающего климатические оценки эффекта урбанизации сохраняет свою актуальность. Косвенным проявлением процессов урбанизации, обусловленным стремлением избежать ее искажающего эффекта на данные метеорологических наблюдений, следует считать также переносы станций.

Исключительное значение для обнаружения неоднородности и установления ее причин имеют метаданные – сведения о том, как, где и когда была собрана та или иная информация. Важность их фиксации подчеркнута в одном из принципов Глобальной системы климатических наблюдений: «Детали и история местных условий, инструментов, рабочих процессов, алгоритмов обработки данных и других факторов, имеющих отношение к интерпретации данных (т. е. метаданные), должны быть документированы и обработаны с той же тщательностью, как и сами данные» [13].

С целью обобщения передового международного опыта в сборе наиболее полных метаданных и проведении гомогенизации метеорологических рядов было выпущено специальное руководство. В нем подчеркивается особая ценность метаданных для описания и интерпретации долгосрочных архивов данных, которые используются для исследования изменений климата. При этом наиболее эффективным подходом к идентификации нарушений однородности рядов является сопряженный анализ кондиционных метаданных и метеорологических данных [10].

Нарушения однородности проявляются на фоне естественной изменчивости рядов, поэтому для их обнаружения рекомендуется создавать эталонный временной ряд (reference time series), с которым сравниваются ряды испытуемых станций. Для метеорологических элементов, у которых разность значений на двух соседних станциях изменяется год от году заметно меньше, чем сами значения этих элементов (например, давление и температура воздуха), сравнение осуществляется методом расчета разностей. Для элементов, у которых отмечается приблизительное постоянство отношений между соседними станциями (например, количество осадков и высота снежного покрова), используется метод отношений. Когда один из сравниваемых рядов является однородным, то признаком нарушения однородности другого будет изменение, начиная с какого-то года, величины разности (отношения) по сравнению с предыдущим периодом.

Типичной проблемой при создании и использовании эталонных рядов является недостаток данных. В некоторых регионах мира сеть наблюдений слишком редка для построения надежного эталонного ряда. Трудности их создания экспоненциально возрастают с увеличением пространственной изменчивости метеорологического элемента и его временной дискретности. Проблемы возникают, когда причина неоднородности одновременно охватывает всю сеть или ее большую часть, например, при изменении сроков наблюдения, типа инструмента или его защиты [10]. Аналогичные трудности вызывает тотальное преобразование окружающей среды вблизи станций [8].

Рекомендуется корректировать метеорологические ряды по его последней однородной секции. В этом случае, если на станции не произойдут дальнейшие изменения, данные будут оставаться однородными. Обычным подходом к получению корректирующих величин является вычисление средних значений ряда разностей (отношений) для его однородной и неоднородной секций, определяемых точкой разрыва (break point). Полученные средние сравнивают, вычисляя их отношения (разности) и полученный коэффициент применяют к неоднородной части. Такой подход уместен при резких нарушениях. При работе с постепенными неоднородностями наилучшим способом является устранение тренда неоднородной секции ряда для разностей (отношений) [10].

Для территории Беларуси архивы метеорологических наблюдений начинают накапливаться с XIX в., но наиболее представительная информация, примерно для полусотни станций с минимальным количеством пропусков, имеется лишь для послевоенного времени. В этот период, когда были восстановлены старые и открыты новые станции, фактически сформировалась существующая метеорологическая сеть страны. Уже к началу 1945 г. в Беларуси работало 46 станций. Пик развития наблюдений приходится на 1960-е–70-е годы, когда на территории Беларуси сложилась довольно густая сеть равномерно расположенных станций, которая к середине 1980-х годов насчитывала 35 метеорологических станций II разряда, 6 агрометеорологических, 5 гидрологических, 8 авиационных, а также 3 специализированные станции [14]. Большинство этих станций продолжает функционировать и в настоящее время, хотя в постсоветский период под влиянием экономических трудностей некоторые станции были закрыты, понижены в разрядности, переведены на неполные сроки наблюдений [15].

Особенностью послевоенного периода на территории Беларуси являются бурные процессы урбанизации, которые привели к многочисленным переносам станций (площадок), что наряду с застройкой местности вблизи станций способствовало нарушениям однородности их рядов.

Цель работы – определить эффект урбанизации в температурных рядах метеорологических станций и его значимость для оценок современного потепления климата на территории Беларуси.

Материалы и методы. Материалами для исследований послужили фондовые данные Белгидромета по средним месячным температурам воздуха за период с 1945 по 2015 г. для ныне действующих метеорологических станций страны. Источником метаданных явились справочники, в которых систематизированы данные по истории станций Беларуси и проводимых на них наблюдений [14,16]. Все статистические расчеты выполнялись в программе Microsoft Excel 2016 и в пакете STATISTICA 10.

Результаты и их обсуждение. Анализ переносов и вызванное ими изменение местоположения станций по материалам справочников [14,16] показал, что за послевоенный период из рассмотренных 49 белорусских станций не переносились лишь 8 (Высокое, Докшицы, Лепель, Лынтупы, Ошмяны, Радошковичи, Столбцы, Щучин). Все они приурочены к небольшим городам либо поселкам, причем станция Радошковичи к настоящему времени закрыта, а станция Щучин переведена на два срока наблюдений. К этой группе также можно отнести станцию Минск (Обсерватория), которая не меняла своего местоположения с 1938 г. (на незначительное расстояние лишь переносилась ее площадка). Среди остальных станций 20 переносились только один раз, 7 станций (Бобруйск, Брагин, Верхнедвинск, Кличев, Орша, Слуцк, Чечерск) – два, 9 станций (Брест, Гродно, Житковичи, Жлобин, Костюковичи, Лельчицы, Мозырь, Пинск, Сенно) – три, 3 станции (Волковыск, Могилев, Полоцк) – четыре, станция Гомель – пять, а станция Витебск – семь раз. Переносы варьируют от 20 м (Ганцевичи) до 20 км (Гродно и Могилев).

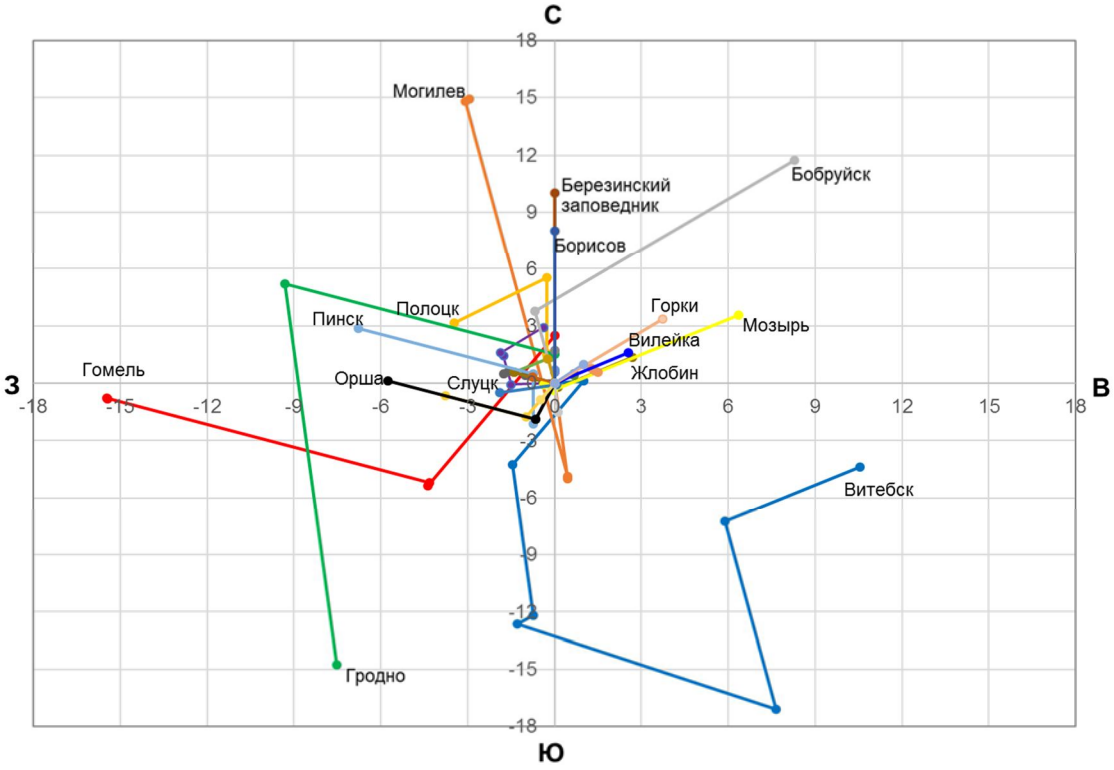


Рис. 1. Горизонтальные перемещения метеорологических станций Беларуси за послевоенный период, км

Fig. 1. Horizontal relocations of meteorological stations in Belarus for the postwar period, km

Представление о масштабах перемещения станций Беларуси за послевоенный период дает диаграмма, полученная в результате пересчета сведений о переносах станций (площадок), выраженных в полярных координатах (φ – направление, r – расстояние), в прямоугольные координаты их траектории ($x = r\cos\varphi$; $y = r\sin\varphi$) (рис. 1).

Как видно из диаграммы, переносы станций происходили во все стороны света, но их радиус перемещения относительно исходного положения в результате не превысил 18 км. Максимальными перемещениями были затронуты станции областных центров (Витебск, Гомель, Гродно, Могилев), а также города Бобруйска. Основной причиной переносов, иногда неоднократных, было открытие нового аэропорта. Тем самым станция не только выводилась из-под влияния города, но и приобретала дополнительную функцию (авиационное обслуживание). Переносы также были обусловлены непосредственным стремлением оградить результаты наблюдений от эффекта урбанизации, переместив ее за пределы растущего города (Василевичи, Вилейка, Ивацевичи и др.). В любом случае основной причиной переносов станций был непрерывный рост городов Беларуси. Исключение, пожалуй, составляет метеорологическая станция Березинского заповедника, которая была присоединена к созданной в другом населенном пункте станции фонового мониторинга.

Метаданные позволяют также оценить изменение абсолютной высоты метеорологических станций (площадок) за период между состоянием сети на 2000 и 1965 г. (рис. 2).

За указанный период изменились абсолютные высоты большинства метеорологических станций Беларуси, однако существенные изменения относятся лишь к отдельным из них. Среди станций, увеличивших высоту своих площадок, на первом месте находится Могилев (40 м), далее следуют Волковыск и Мозырь (23 м), Верхнедвинск (15 м), Березинский заповедник (12 м) и Витебск (8 м). Среди станций, высота площадок у которых за этот период понизилась, максимальными значениями характеризуются Гродно (19 м), Березино (17 м), Гомель (13 м) и Полесская (8 м) (см. рис. 2).

Суммарный эффект переноса станций для температуры воздуха может быть оценен с использованием полученных ранее уравнений множественной линейной регрессии температуры от географической широты (φ), долготы (λ) и абсолютной высоты (H) станций Беларуси [17]:

$$t\ °C\ (\text{год}) = 31{,}4 - 0{,}39\varphi - 0{,}11\lambda - 0{,}0049H;\ R^2 = 0{,}895;$$
$$t\ °C\ (\text{холодный период}) = 23{,}8 - 0{,}33\varphi - 0{,}25\lambda - 0{,}006H;\ R^2 = 0{,}955;$$
$$t\ °C\ (\text{теплый период}) = 36{,}6 - 0{,}43\varphi - 0{,}0039H;\ R^2 = 0{,}788.$$

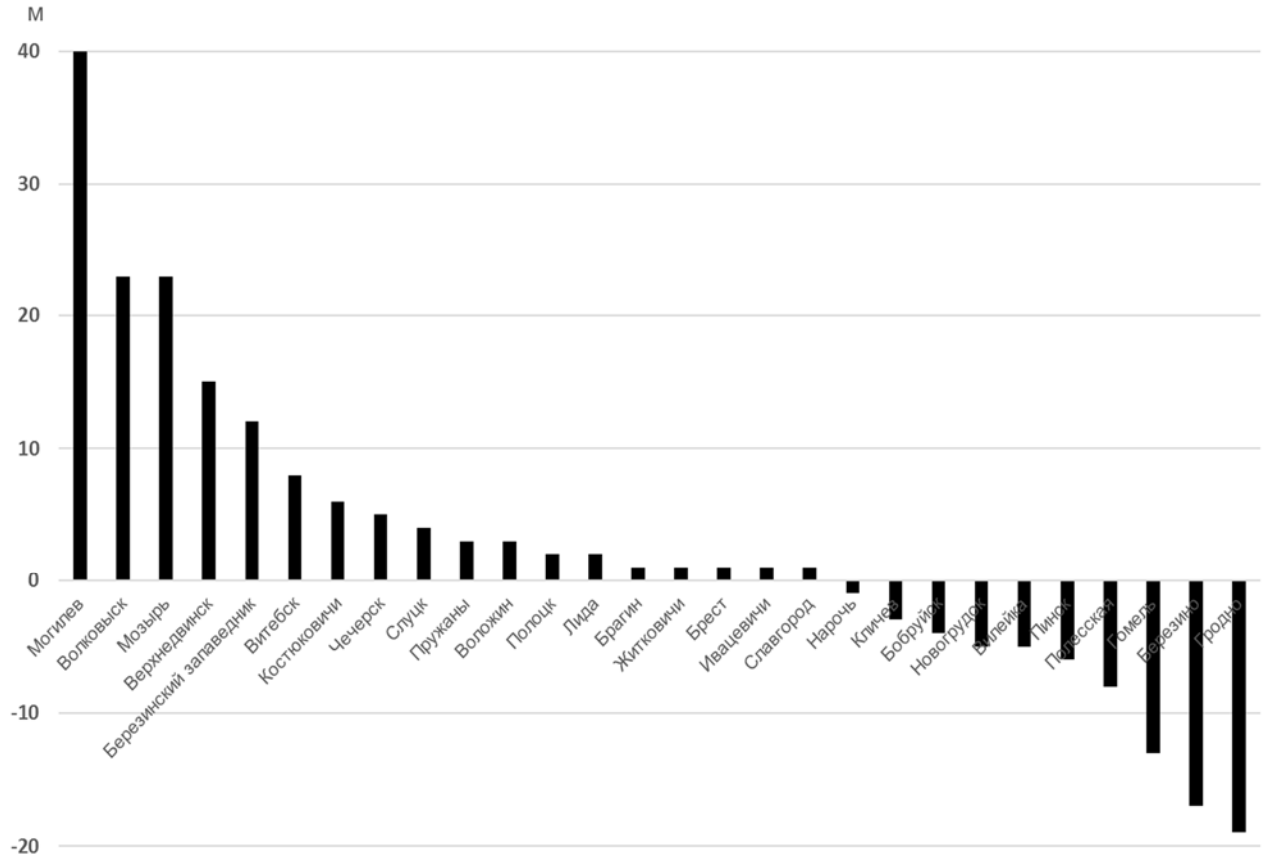


Рис. 2. Изменение абсолютной высоты метеорологических станций Беларуси за период с 1965 по 2000 г.

Fig. 2. The change in the absolute height of the meteorological stations of Belarus from 1965 to 2000

Из полученных уравнений при высоком качестве по коэффициенту детерминации (R^2) следует, что на территории Беларуси увеличение координат станций на 1 угловой градус для широты способно понизить среднегодовую температуру на 0,39 ºС, для долготы – на 0,11 ºС, а увеличение абсолютной высоты на 100 м – на 0,49 ºС. Для холодного периода это понижение составляет 0,33, 0,25 и 0,6 ºС, а для теплого периода – 0,43, 0,0 и 0,39 ºС соответственно.

Подстановка в регрессионные уравнения исходных значений предикторов для станций, характеризующихся максимальными их изменениями (Витебск, Гомель, Гродно, Могилев и Бобруйск) [18] показала, что влияние переносов на среднюю температуру воздуха с временной дискретностью от месяца до года не может превышать ±0,2 ºС, причем основной вклад в эти изменения вносит высота станции (площадки). Изменения собственно географических координат станций при имевших место масштабах переносов оказались практически не чувствительными для температуры воздуха.

Анализ показывает, что переносы станций далеко не всегда находят отражение в динамике температуры воздуха. Как уже отмечалось выше, весьма эффективным способом обнаружения нарушений однородности рядов является использование эталонного ряда [10]. При его выборе логично обратиться к перечню реперных климатических станций Беларуси [2] (табл. 1).

Однако при ближайшем рассмотрении данный перечень станций во многом оказывается формальным. К числу реперных в нем отнесены такие городские станции, как Гомель, Минск и Брест. Среди дублеров указаны станции, сегодня работающие по неполным срокам (Лепель, Сенно) (см. табл. 1). Заметим, что в советский период в качестве реперных климатических станций на территории Беларуси рассматривались, прежде всего, станции Горки и Василевичи [19]. Поэтому именно эти станции и были использованы нами в качестве эталонных при проведении гомогенизации температурных рядов.

Примеры резких, скачкообразных нарушений однородности температурных рядов, возникших под влиянием переносов, демонстрируют ряды станций Могилев и Бобруйск (рис. 3, 4).

Таблица 1. **Реперные климатические станции Беларуси**

Table 1. **Reference climatic stations of Belarus**

Реперная климатическая станция	Дублер
Метеорологическая станция Верхнедвинск	Агрометеорологическая станция Шарковщина
Станция фонового мониторинга Березинский заповедник	Метеорологическая станция Лепель
Отдел метеорологических наблюдений Минск	Метеорологическая станция Докшицы
Метеорологическая станция Марьина Горка	Метеорологическая станция Кличев
Метеорологическая станция Ошмяны	Метеорологическая станция Лида
Агрометеорологическая станция Горки	Метеорологическая станция Сенно
Отдел аэрологических и метеорологических наблюдений Брест	Метеорологическая станция Высокое
Межрайонный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Пинск	Метеорологическая станция Пружаны
Отдел метеорологических наблюдений Гомель	Метеорологическая станция Брагин
Агрометеорологическая станция Василевичи	Межрайонный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Мозырь

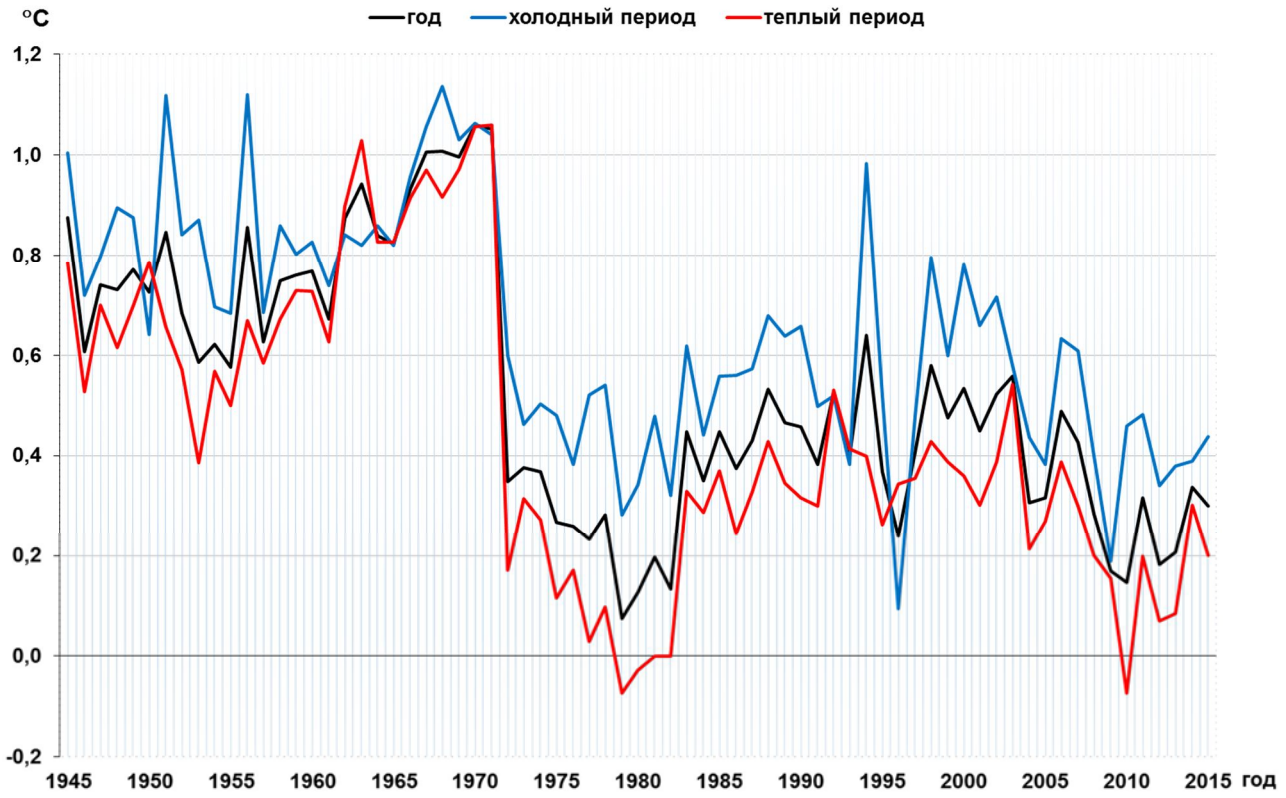


Рис. 3. Разности температуры воздуха (°С) между метеорологическими станциями Могилев и Горки за период с 1945 по 2015 г.

Fig. 3. Differences of mean air temperature (°C) between Mogilyov and Gorki meteorological stations from 1945 to 2015

Метеорологическая станция Могилев была восстановлена в июле 1944 г. на северо-западной окраине города. К 1954 г. прилегающая к площадке местность была застроена. 2 марта 1958 г. станция объединена с авиационной станцией, находящейся в 5 км к ЮВ в пригороде Луполово. 16 мая 1958 г. ее метеоплощадка перемещена на 100 м к С. Абсолютная высота ее площадки составляла 152 м. 1 января 1972 г. станция перенесена на 20 км к З в новый аэропорт Лубнище, где 4 января 1980 г. перенесена на 170 м к СЗ. При этом высота площадки достигла 192 м [14, 16].

На графике разностей средних температур между станциями Могилев и Горки хорошо видно резкое снижение в 1972 г., которое согласно метаданным объясняется переносом станции в начале года в северном направлении, в результате которого на 40 м возросла ее высота (рис. 3).

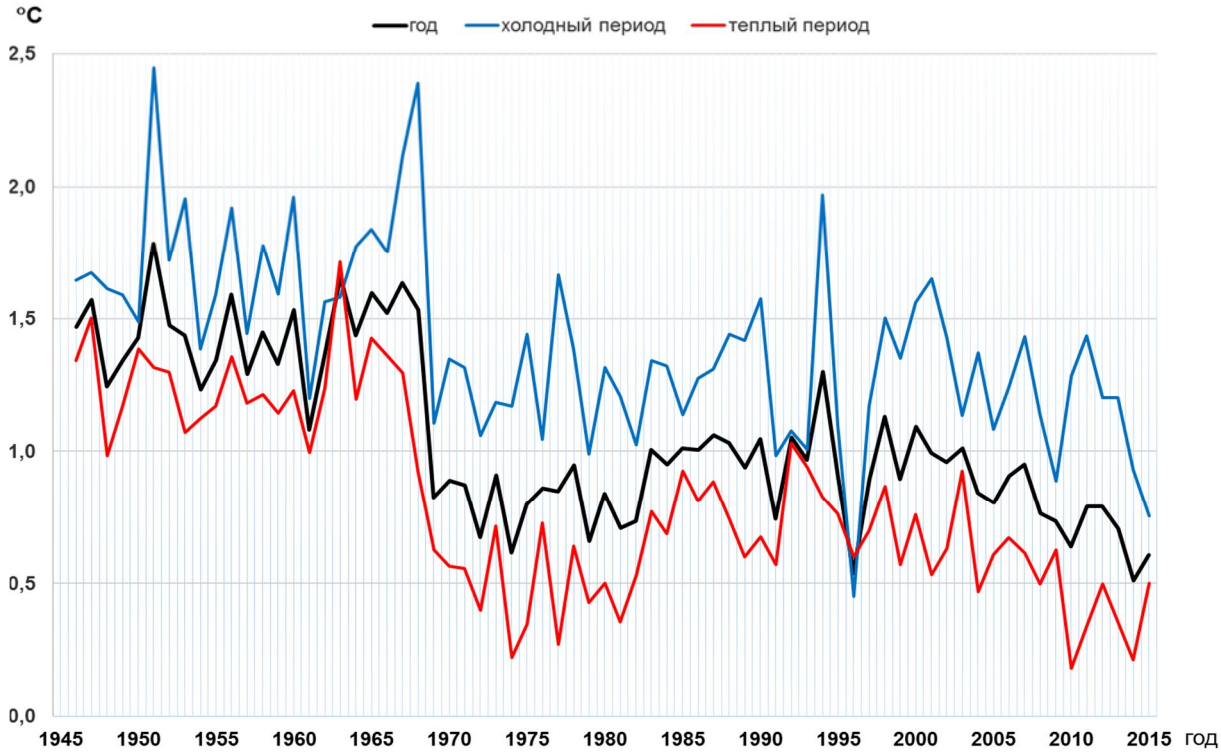


Рис. 4. Разности температуры воздуха (°С) между метеорологическими стациями Бобруйск и Горки за период с 1945 по 2015 г.

Fig. 4. Differences of mean air temperature (°C) between Bobruisk and Gorki meteorological stations from 1945 to 2015

Метеорологическая станция Бобруйск была восстановлена в 1944 г. на южной окраине города (высота метеоплощадки – 160 м). В ноябре 1947 г. она была перенесена на 3,8 км на западную окраину. В 1960 г. в 110 м к С построено трехэтажное здание школы. 27 июня 1968 г. станция перенесена на 12 км к СЗ в аэропорт у д. Сычково (высота метеоплощадки стала 156 м). При этом метеоплощадка станции оказалась расположена в пониженной части рельефа, где близкий уровень грунтовых вод вызывает ее подтопление весной и осенью [14, 16].

На графике разности средних температур между станциями Бобруйск и Горки также хорошо виден резкий сдвиг в 1968 г., заметно понизивший температуру на станции Бобруйск за пределами города. Он был вызван переносом станции, при котором высота площадки даже несколько понизилась, но при этом она оказалась в сыром, более холодном месте (см. рис. 4).

Расчет величины сдвига для скачкообразных нарушений однородности заключался в расчете средних различий между однородной и неоднородной секциями ряда разностей температур с последующим внесением в последнюю полученных поправок. Для станции Могилев за 1945–1971 гг. для среднегодовой температуры величина поправки составила –0,45 °С, для холодного периода – –0,37 °С, а для теплого периода – –0,5 °С. Для станции Бобруйск эти поправки за 1946–1968 гг. составили –0,58 °С, –0,5 °С и –0,64 °С соответственно.

Непосредственной причиной нарушения однородности метеорологических рядов под влиянием урбанизации является застройка прилегающей к станции местности. Справочники демонстрируют неуклонный процесс все более плотной, многоэтажной и ближе подступающей к станции застройки территории для большинства станций Беларуси. Этот процесс может прерываться переносом станции, но со временем и с той же методичностью он возобновляется на новом месте.

Наиболее ярким примером нарушения однородности температурных рядов в результате застройки местности для территории Беларуси является станция Гомель (рис. 5).

Метеорологическая станция Гомель была восстановлена на северной окраине города с деревянной застройкой в декабре 1943 г. 30 ноября 1944 г. она была перенесена на 2,5 км к С в аэропорт, 20 июля 1967 г. – на 9 км к северо-северо-востоку в новый аэропорт, 1 января 1970 г. – на 12 км к ЮЗ на территорию Зональной обсерватории. Небольшие переносы также имели место в 1968 г. (180 м) и 1986 г. (50 м). В 1974 г. в 500–700 м к СЗ от метеоплощадки была проведена пятиэтажная застройка, в 300 м к З было возведено 9-этажное здание. В 1981 г. в 100 м к З построили котельную, а в 200–300 м к С – корпус молокозавода до 15 м высотой. Метеорологическая площадка

станции окружена со всех сторон: в 60 м к З находится сплошной кирпичный забор высотой 4 м, за ним в 30 м – котельная молокозавода; в 60 м к ВСВ – здание обсерватории, в 40 м к ЮВ – мастерская, а в 45 м к Ю – газогенераторное помещение; в 65– 70 м к ЮЗ – сплошной кирпичный забор высотой 2 м. Гелиограф затеняется в утренние и вечерние часы [14, 16].

Как видно из графика, динамика средней температуры на станции Гомель после серии переносов, продолжавшихся в начале рассматриваемого периода в течение четверти века, в дальнейшем была подвержена усиливающемуся эффекту застройки, который особенно проявился в теплый период года. Абсолютное приращение температуры за период с 1970 по 2015 г. оценивается в 0,27 °С для холодного периода, 0,79 °С для теплого периода и 0,54 °С для года в целом (рис. 5).

Сходный характер нарушений однородности своих температурных рядов за послевоенный период демонстрирует метеорологическая станция Жлобин. Она была восстановлена в октябре 1944 г. на 2 км к СВ от своего довоенного положения в 50 м от железнодорожного вокзала, в 1946 г. перенесена на 1,5 км к ЮЗ, в 1949 г. – на 1,7 км к В, а в 1957 г. – на 3 км к СВ на территорию МТС, т. е. на окраину. Больше станцию не переносили, но в ее окружении произошли значительные изменения. В августе–сентябре 1965 г. в 100 м к СЗ было построено несколько домов барачного типа. В 1970 г. в 75 м к ЗСЗ был возведен трехэтажный кирпичный дом, в 1972 г. в 40 м к С – здание метеостанции. К 1975 г. в 40 м к Ю были построены два двухэтажных дома (высотой до 5 м), а в 45 м к ЮЗ – гаражи, за которыми в 100 м – два трехэтажных дома. В 1978–1979 гг. в 400–500 м к северо-западу было возведено два дома в три и пять этажей; с марта 1984 г. по март 1989 г. в 180–230 м к ЮЗ – пятиэтажное общежитие; в 1991 г. в 30 м к северо-северо-востоку и в 1995 г. в 10 м к северу – два четырехэтажных дома, в 1996 г. в 30–40 м к СВ – пятиэтажный дом. В результате застройки увеличилась закрытость горизонта в направлениях к С, В и Ю [14, 16].

Эти события отражает динамика разностей средних температур воздуха между станциями Жлобин и Василевичи. Как следует из графика (рис. 6), динамика средней температуры на станции Жлобин после ряда переносов в дальнейшем была подвержена усиливающемуся эффекту застройки прилегающей территории, который был максимальным в теплый период года. Приращение температуры под его влиянием за период с 1970 по 2015 г. оценивается в 0,25 °С для холодного периода, 0,45 °С для теплого периода и 0,36 °С для года в целом (рис. 6).

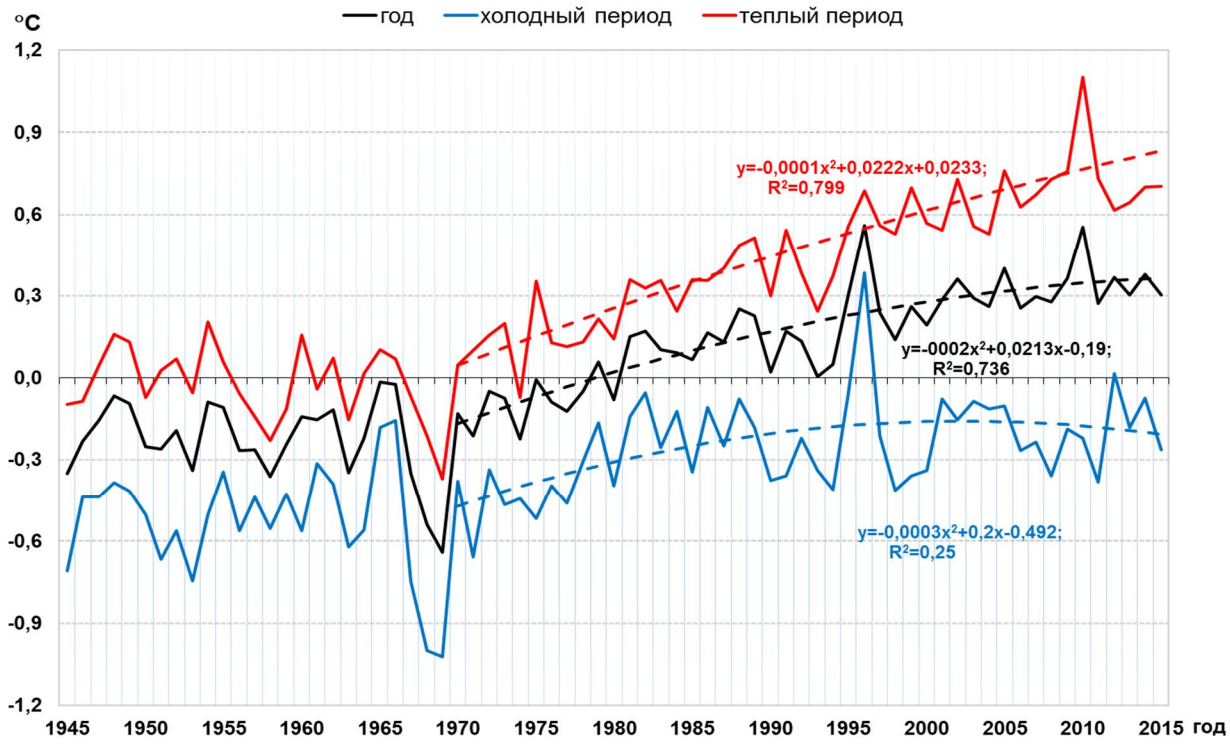


Рис. 5. Разности средних температур воздуха (°С) между станциями Гомель и Василевичи за период с 1945 по 2015 г. с аппроксимациями их неоднородных секций полиномами

Fig. 5. Differences of mean air temperatures (°C) between Gomel and Vasilevichi stations from 1945 to 2015 with polynomial approximations of their heterogeneity sections

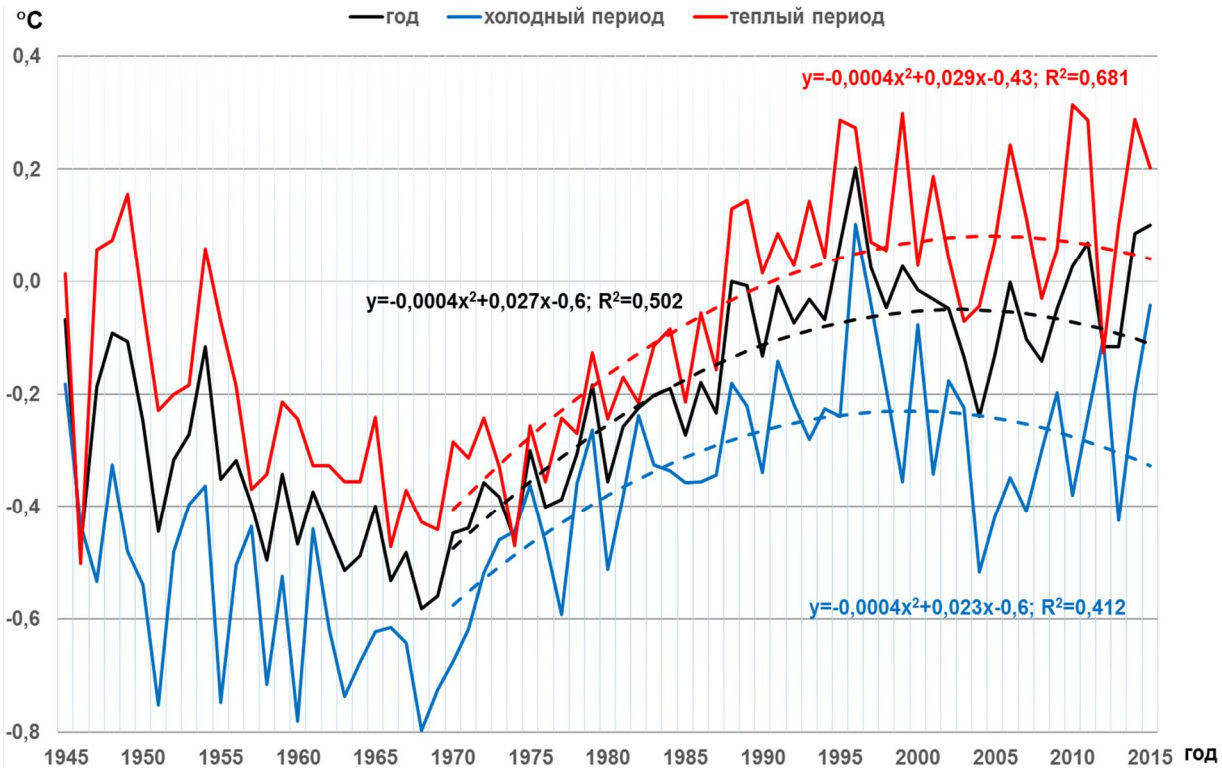


Рис. 6. Разности средних температур воздуха (°С) между станциями Жлобин и Василевичи за период с 1945 по 2015 г. и аппроксимаци их неоднородных секций полиномами

Fig. 6. Differences of mean air temperatures (°C) between Zhlobin and Vasilevichi stations from 1945 to 2015 and polynomial approximations of their heterogeneity sections

На основе выполненного анализа были получены оценки эффекта урбанизации и проведена гомогенизация рядов средних температур воздуха путем внесения их в виде поправок в исходные температурные ряды для рассмотренных городских метеорологических станций. По итогам гомогенизации температурных рядов, с целью выявления значимости локального эффекта урбанизации для региональных оценок потепления климата на территории Беларуси рассчитаны параметры линейных трендов исходных и гомогенизированных вариантов рядов за весь исследуемый период. С учетом ограниченного формата статьи результаты приводятся только для теплого периода и за год в целом для станций Могилев и Гомель.

Поскольку нарушения однородности температурных рядов на станции Могилев относятся к начальному интервалу ряда, что приводит к увеличению параметров их линейных трендов по данной станции. Причем возрастают не только угловые коэффициенты линейных трендов, но и выраженность этих трендов по коэффициенту детерминации (R^2). Минимальные их оценки имеют место в холодный период года, а максимальные – в теплый период (рис. 7). Для сравнения приведем параметры трендов по станции Могилев за холодный период для исходного ($y = 0{,}035x - 5{,}0$; $R^2 = 0{,}173$) и гомогенизированного ($y = 0{,}0424x - 5{,}4$; $R^2 = 0{,}233$) рядов. Аналогичная картина имеет место и для параметров трендов температурных рядов по станции Бобруйск.

Так как нарушения однородности средних температур на станции Гомель приходятся на заключительный интервал ряда, то параметры линейных трендов гомогенизированных рядов здесь, напротив, снижаются. И здесь эти изменения параметров гораздо лучше выражены в теплый, чем в холодный период (см. рис. 7). Приведем параметры трендов за холодный период для исходного ($y = 0{,}0454x - 4{,}5$; $R^2 = 0{,}259$) и гомогенизированного ($y = 0{,}0423x - 4{,}5$; $R^2 = 0{,}224$) вариантов рядов.

Наличие в температурных рядах станции Жлобин неоднородностей как в начале (из-за переносов), так и в конце (вследствие застройки) периода (см. рис. 6), обусловило введение разнонаправленных поправок, что в итоге привело к несущественным различиям в параметрах линейных трендов гомогенизированных рядов и их исходных вариантов.

Указанные различия между станциями сохраняются и при расчетах параметров температурных трендов за год в целом, которые занимают промежуточное положение по величине между холодным и теплым периодами (рис. 8).

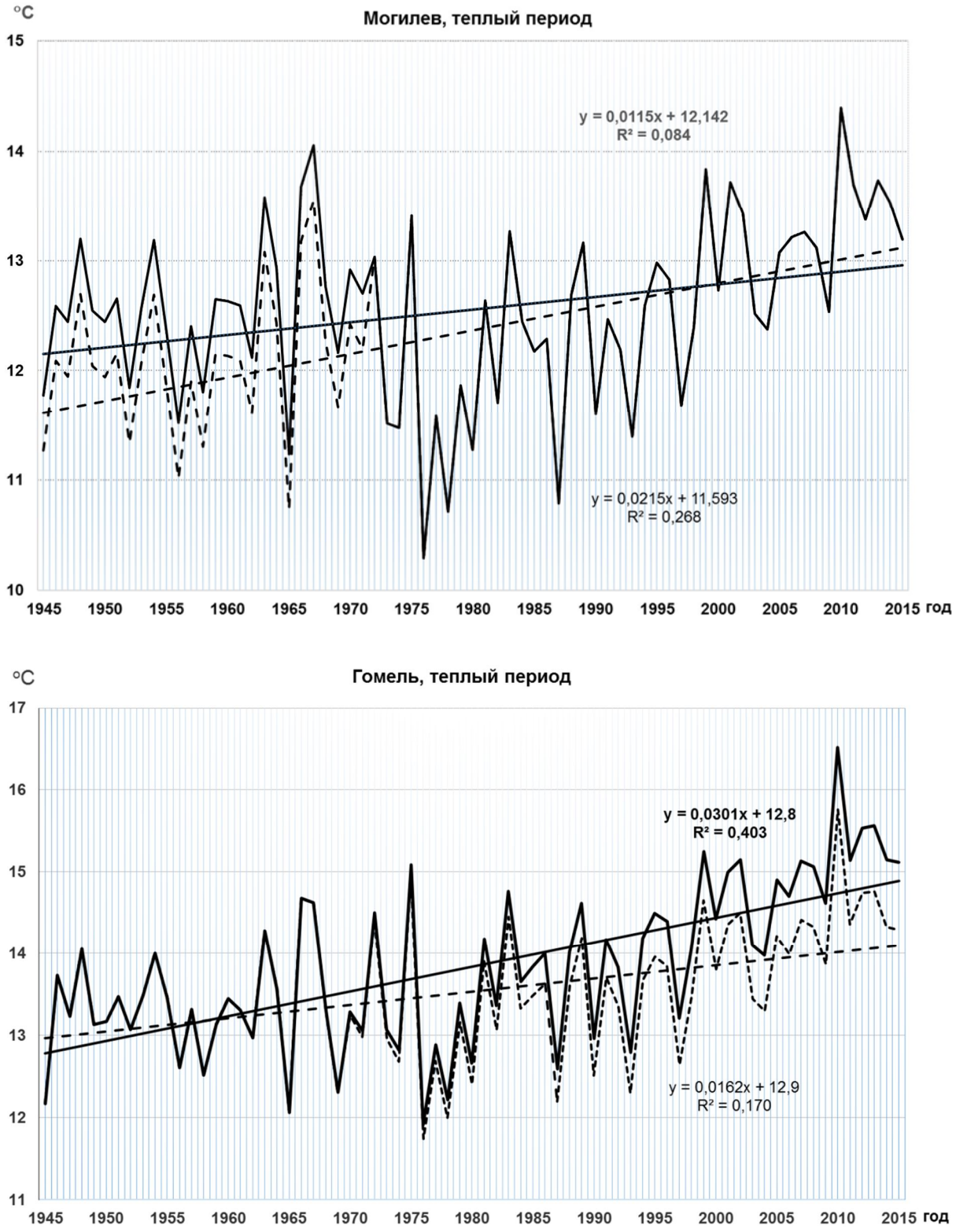


Рис. 7. Тренды температуры воздуха за теплый период для станций Могилев и Гомель за период с 1945 по 2015 г. до и после гомогенизации их временных рядов

Fig. 7. Air temperature trends for the warm period for Mogilyov and Gomel stations from 1945 to 2015 before and after homogenizing of their time series

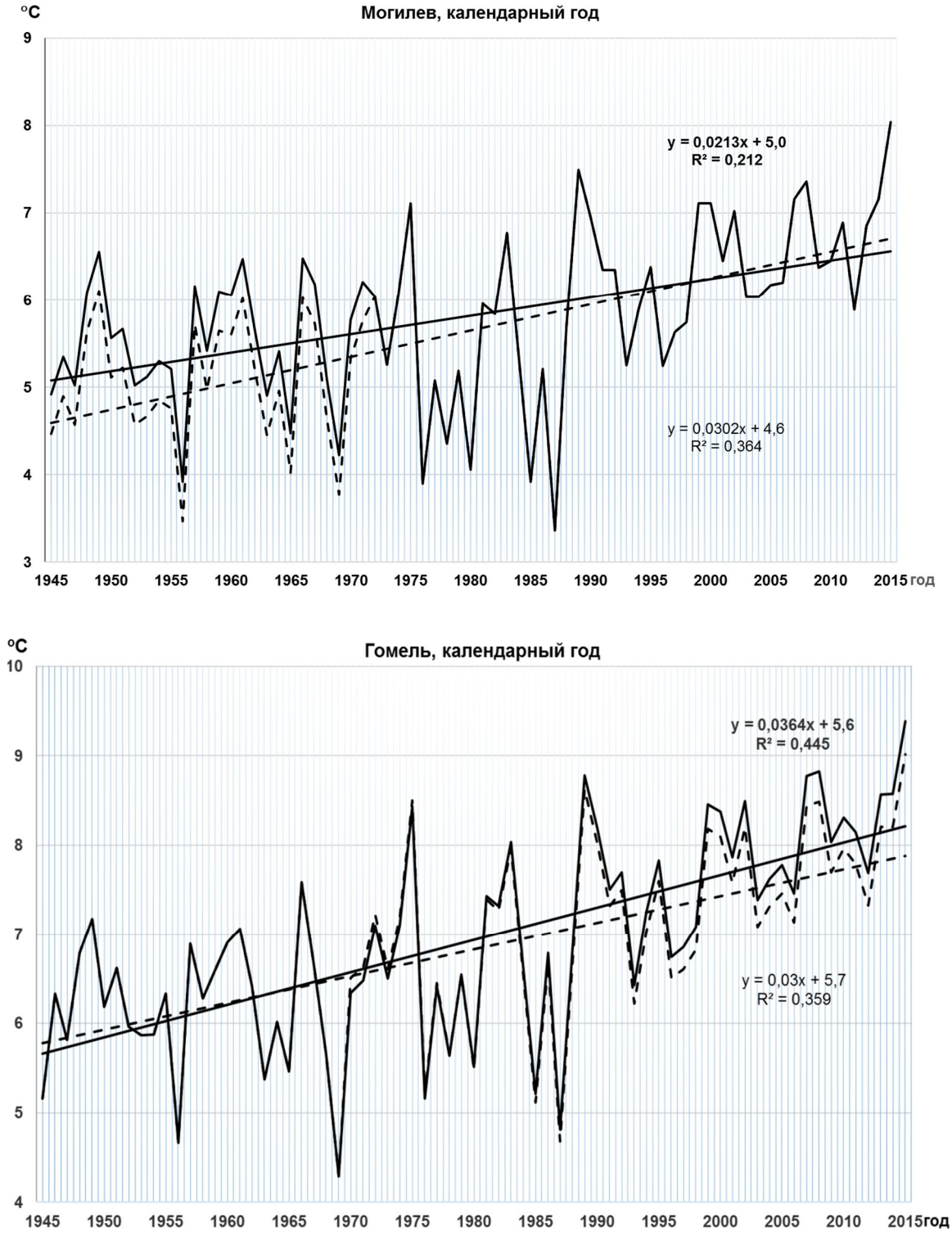


Рис. 8. Тренды среднегодовой температуры воздуха для станций Могилев и Гомель за период с 1945 по 2015 г. до и после гомогенизации их временных рядов

Fig. 8. Trends in mean annual air temperature for Mogilev and Gomel stations from 1945 to 2015 before and after homogenizing of their time series

Результаты гомогенизации температурных рядов городских станций в целом показывают, что при оценках потепления климата на территории Беларуси эффект урбанизации является значимым фактором, способным как занижать, так и преувеличивать реальные тренды динамики температуры для рассмотренных городских станций и характеризуемых ими районов нашей страны в результате экстраполяции локальных температурных аномалий на региональный уровень.

Заключение. Выполненный анализ позволил оценить потенциал и масштабы влияния эффекта урбанизации на среднюю температуру воздуха на примере отдельных городских метеорологических станций Беларуси за послевоенный период наблюдений (1945–2015 гг.).

Путем пересчета данных о переносах станций и площадок из полярных в прямоугольные координаты оценены масштабы их горизонтальных перемещений за рассматриваемый период. Показано, что переносы затронули большинство станций, осуществлялись во все стороны света, но радиус перемещения в целом не превысил 18 км от их исходного положения. Высота площадок в предельных случаях возросла на 40 м либо снизилась на 19 м.

С использованием уравнений множественной регрессии средней температуры воздуха от географических координат и абсолютной высоты станций Беларуси оценена чувствительность температуры к максимальным перемещениям городских станций. Показано, что с временной дискретностью от месяца до года она не превышает ±0,2 ºС, причем основной вклад в эти изменения вносит высота станции (площадки). Горизонтальные перемещения станций, имевшие место при переносах, практически не оказали влияния на среднюю температуру воздуха.

Анализ показал, что переносы станций далеко не всегда находят отражение в динамике температуры воздуха, что может быть обусловлено как разнонаправленным влиянием географических координат и абсолютной высоты станций, так и компенсирующей ролью подстилающей поверхности.

Нарушения однородности проявляются на фоне естественной изменчивости температурных рядов, поэтому для их обнаружения используется эталонный временной ряд, с которым методом разностей сравниваются ряды других станций. В качестве эталонных нами рассматривались температурные ряды реперных климатических станций Горки и Василевичи.

С использованием станции Горки выявлены резкие изменения разности температуры для ближайших к ним станций Могилев и Бобруйск, которые согласно метаданным были вызваны их переносами на значительные расстояния. Причем для станции Могилев перенос сопровождался максимальным увеличением высоты площадки, а для Бобруйска – ее перемещением на более сырой, холодный участок. С использованием станции Василевичи выявлено постепенное нарушение однородности температурных рядов на станциях Гомель и Жлобин, которое согласно метаданным обусловлено эффектом застройки местности в окрестностях этих станций.

Величину эффекта переносов оценивали по разности средних значений однородной и неоднородной секций ряда разностей. На станции Могилев за 1945–1971 гг. она составила: 0,37 ºС для холодного периода, 0,5 ºС для теплого периода и 0,45 ºС для года в целом. Для станции Бобруйск за 1946–1968 гг. она равнялась 0,5 ºС, 0,64 ºС и 0,58 °С соответственно.

Величину эффекта застройки оценивали по временному тренду неоднородной секции ряда разностей в виде полинома второй степени. Абсолютное увеличение температуры под влиянием урбанизации на станции Гомель за период с 1970 по 2015 г. оценивается в 0,27 ºС для холодного периода, 0,79 ºС для теплого периода и 0,54 ºС для года в целом. На станции Жлобин за тот же период это увеличение оказалось несколько меньшим: 0,25 ºС, 0,45 ºС и 0,36 ºС соответственно.

Исключение этих величин в виде поправок из температурных рядов городских станций и расчет линейных трендов как для исходных, так и для гомогенизированных их вариантов позволил судить о значимости эффекта урбанизации при оценках современного потепления для станций и характеризуемых ими районов Беларуси. Его следует особенно учитывать для теплого периода года, для которого угловые коэффициенты трендов исходных и гомогенизированных рядов различаются практически вдвое. Использование неоднородных температурных рядов в этих условиях способно существенно искажать, например, рассчитываемые на основе средних температур воздуха показатели термических ресурсов вегетационного периода (даты переходов температуры через пороговые значения, продолжительность их периодов, суммы активных и эффективных температур) [20].

Опыт гомогенизации температурных рядов следует рассматривать как предварительный. Его цель – привлечь внимание к данной проблеме, показать необходимость ее проведения в Беларуси, в том числе и по другим метеорологическим элементам. Поскольку гомогенизация является довольно трудоемкой процедурой, при ее проведении в последние годы все большее применение находят автоматические и полуавтоматические методы. В частности широкое признание получила разработанная в Венгрии процедура MASH (Multiple Analysis of Series for Homogenisation) [10].

Результаты гомогенизациии температурных рядов не отменяют общей тенденции к потеплению климата в послевоенный период на территории Беларуси, но вносят существенные коррективы в особенности их пространственно-временных проявлений. Следует подчеркнуть, что, только отрегулировав данные для отдельных станций и всей метеорологической сети, можно адекватно оценить современные изменения климата на ее территории.

Список использованных источников

1. ТКП 17.10-12-2009 Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях. – Минск, 2009.
2. ТКП 17.10-42-2014 (02120) Правила организации наблюдений на реперных климатических станциях. – Минск, 2014.
3. Хромов, С. П. Метеорологический словарь / С. П. Хромов, Л. И. Мамонтова. – Л., 1974.
4. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений / под ред. О. А. Дроздова. – Л., 1957.
5. Рубинштейн, Е. С. Однородность метеорологических рядов во времени и пространстве в связи с исследованием изменения климата / Е. С. Рубинштейн. – Л., 1979.
6. Domonkos, P. Homogenising time series: beliefs, dogmas and facts [Electronic resource] / P. Domonkos // Adv. Sci. Res. – 2011. – Vol. 6. – P. 167–172. – Mode of access: www.adv-sci-res.net/6/167/2011/. – Date of access: 28.01.2014.
7. Jones, P. D. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land / P. D. Jones [et al.] // Nature. – 1990. – Vol. 347.
8. Jones, P. D. Urbanization effects in large-scale temperature records, with an emphasis on China / P. D. Jones, D. H. Lister, Q. Li // J. of Geophysical Res. – 2008. – Vol. 113. – P. 1–12.
9. Karl, T. R. Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record / T. R. Karl, H. Diaz, G. Kukla // J. of Climate. – 1988. – Vol. 1. – P. 1099–1123.
10. Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C., Wieringa, J. Guidance on Metadata and Homogenization: Commission on Climatology / World Meteorological Organization. – Geneva, 2004.
11. Mills, G. Luke Howard, Tim Oke and the study of urban climates [Electronic resource] / G. Mills. – 2009. – Mode of access: https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/144519.pdf. – Date of access: 28.01.2014.
12. Bȍhm, R. Urban bias in temperature time series – a case study for the city of Vienna, Austria / R. Bȍhm // Climatic Change. – 1998. – Vol. 38. – P. 113–128.
13. World Meteorological Organization : Technical Document 1125, GCOS-76. – Geneva, 2002.
14. Справочник по климату Беларуси. – Минск, 2003.
15. Логинов, В. Ф. Проблемы повышения адаптивной способности Республики Беларусь к изменениям климата / В. Ф. Логинов, В. В. Коляда // Природопользование. – Минск, 2015. – Вып. 25. – С. 53–60.
16. Справочник по климату СССР. История и физико-географическое описание гидрометеорологических станций и постов. – М., 1968. – Вып. 7 : Белорусская ССР.
17. Коляда, В. В. Связь температурных показателей с географическими координатами метеостанций в условиях Беларуси / В. В. Коляда // Природопользование. – Минск, 2012. – Вып. 21. – С. 40–51.
18. Агроклиматический справочник по Белорусской ССР. – Л., 1958.
19. Рекомендации по формированию климатологических рядов и расчету климатических характеристик / ГГО им. А. И. Воейкова. – Л., 1980. – Ч. I.
20. Логинов, В. Ф. Влияние урбанизации на увеличение термических ресурсов юга Беларуси / В. Ф. Логинов, В. В. Коляда // Природопользование. – Минск, 2010. Вып.18. – С. 9–15.

References

1. *TKP 17.10-12-2009 Pravila provedeniya prizemnyh meteorologicheskih nablyudeniy i rabot na stantsiyah* [Rules for conducting of surface meteorological observations and work at stations]. Minsk, 2009 (in Russian).
2. *TKP 17.10-42-2014 (02120) Pravila organizatsii nablyudeniy na repernyh klimaticheskih stantsiyah* [Rules for the organization of observations at the reference climate stations]. Minsk, 2014 (in Russian).
3. Khromov S. P., Mamontova L. I. *Meteorologicheskiy slovar* [Meteorological dictionary]. Leningrad, 1974 (in Russian).
4. *Metody klimatologicheskoy obrabotki meteorologicheskikh nablyudeniy* [Methods of climatological processing of meteorological observations]. Ed. O. A. Drozdov. Leningrad, 1957 (in Russian).
5. Rubinshteyn E. S. *Odnorodnost meteorologicheskih ryadov vo vremeni i prostranstve v svyazi s issledovaniyem izmeneniya klimata* [Homogeneity of meteorological series in time and space in connection with the study of climate change]. Leningrad, 1979 (in Russian).
6. Domonkos P. Homogenising time series: beliefs, dogmas and facts [Electronic resource]. *Adv. Sci. Res*. – 2011. Vol. 6. Pp. 167–172. Mode of access : www.adv-sci-res.net/6/167/2011/. Date of access : 28.01.2014.

7. Jones P. D., Groisman P. Ya., Coughlan M., Plummer N., Wang W.-C., Karl T. R. Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. *Nature*, 1990, vol. 347.

8. Jones P. D., Lister D. H., Li Q. Urbanization effects in large-scale temperature records, with an emphasis on China. *J. of Geophysical Res.*, 2008, vol. 113, pp. 1–12.

9. Karl T. R., Diaz H., Kukla G. Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record. *J. of Climate*, 1988, vol. 1, pp. 1099–1123.

10. Aguilar E., Auer I., Brunet M., Peterson T. C., Wieringa J. Guidance on Metadata and Homogenization: Commission on Climatology / World Meteorological Organization. Geneva, 2004.

11. Mills G. Luke Howard, Tim Oke and the study of urban climates [Electronic resource]. 2009. Mode of access: https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/144519.pdf. Date of access: 28.01.2014.

12. Bòhm R. Urban bias in temperature time series – a case study for the city of Vienna, Austria. *Climatic Change*, 1998, vol. 38, pp. 113–128.

13. World Meteorological Organization. Technical Document 1125, GCOS-76. Geneva, 2002.

14. *Spravochnik po klimatu Belarusi* [Guide to the climate of Belarus]. Minsk, 2003 (in Russian).

15. Loginov. V. F., Kalyada V. V. *Problemy povysheniya adaptivnoy sposobnosti Respubliki Belarus k izmeneniyam klimata* [Problems of the adaptive capacity increasing of the Republic of Belarus to climate change]. *Prirodopolzovanie, Sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus 'Nature Management',* Minsk, 2015, vol. 25, pp. 53–60 (in Russian).

16. *Spravochnik po klimatu SSSR. Istoriya i fiziko-geograficheskoye opisaniye gidrometeorologicheskih stantsiy I postov. Vyp. 7. Belorusskaya SSR* [Guide to the USSR climate. History and physiographic description of hydrometeorological stations and posts]. Issue 7. Belarusian SSR, Moscow, 1968 (in Russian).

17. Kalyada V. V. *Svyaz temperaturnyh pokazateley s geograficheskimi koordinatami meteostantsiy v usloviyah Belarusi* [A connection of climatic indicators with geographical coordinates of meteorological stations in Belarus]. *Prirodopolzovanie, Sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus 'Nature Management',* Minsk, 2012, vol. 21, pp. 40–51 (in Russian).

18. *Agroclimatocheskij spravochnik po Belorusskoy SSR* [Agroclimatic reference book on Belarusian SSR]. Leningrad, 1958 (in Russian).

19. *Rekomendacii po formirovaniyu klimatologicheskih ryadov i raschetu klimaticheskih harakteristik* [Recommendations on the formation of climatological series and the calculation of climatic characteristics]. Chast' 1, GGO imeni A. I. Voejkova [Part 1, Main Geophysical Observatory named after A. I. Voeikov]. Leningrad, 1980 (in Russian).

20. Loginov V. F., Kalyada V. V. *Vliyaniye urbanizatsii na uvelicheniye termicheskikh resursov yuga Belarusi* [The influence of urbanization on the increase in thermal resources of the south of Belarus]. *Prirodopolzovanie, Sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus 'Nature Management',* Minsk, 2010, vol.18, pp. 9–15 (in Russian).

Информация об авторе

Коляда Валерий Васильевич – науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: valery_v_kalyada@tut.by

Information about the author

Valery V. Kalyada – Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: valery_v_kalyada@tut.by

УДК 504.3.064-034

Поступила в редакцию 17.10.2018
Received 17.10.2018

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИСТРОВ ВЫБРОСОВ И ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОТЧЕТНОСТИ ПО ПРИРОДООХРАННЫМ КОНВЕНЦИЯМ

С. В. Какарека

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В настоящее время большое внимание в мире уделяется доступу к экологической информации, в том числе информации о выбросах загрязняющих веществ, что обеспечивается созданием регистров выбросов и переноса загрязнителей (РВПЗ). Нормативные рамки такому доступу заложила Орхусская конвенция 1998 г. и специальный протокол к ней – Протокол о регистрах и переносе выбросов (Протокол о РВПЗ), подписанный в мае 2003 г. Статья посвящена анализу полноты и точности информации о выбросах стойких органических загрязнителей (СОЗ) в Европейском регистре выбросов и переноса загрязнителей (Е-РВПЗ), который имеет 15-летнюю историю. Установлено, что наиболее полной является информация о выбросах диоксинов/фуранов в атмосферный воздух; существенно меньше содержится информации о выбросах диоксинов/фуранов в воду и почву. Данные о выбросах полихлорированных бифенилов (ПХБ), гексахлорбензола (ГХБ), пентахлорбензола (ПеХБ), гексахлорбутадиена (ГХБД) отрывочны. Показано, что использовать агрегированные (по странам, секторам и др.) оценки выбросов (выделений), полученные на основании данных Е-РВПЗ, можно лишь проводя предварительно дополнительный анализ полноты и достоверности информации; верификация данных Е-РВПЗ возможна, в частности, путем сравнения с оценками выбросов по Программе ЕМЕП.

Опыт создания Европейского регистра выбросов и переноса загрязнителей (Е-РВПЗ) может быть использован при разработке белорусского РВПЗ; при этом необходимо учитывать области его применения, в частности для отчетности по Стокгольмской конвенции.

Ключевые слова: регистры выбросов и переноса загрязнителей; диоксины/фураны; полихлорированные бифенилы; гексахлорбензол; пентахлорбензол; гексахлорбутадиен.

Для цитирования. Какарека С. В. Возможности использования информационного потенциала регистров выбросов и переноса загрязнителей для отчетности по природоохранным конвенциям // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 36–45.

FACILITIES OF THE USE OF THE INFORMATIONAL POTENTIAL OF EMISSION REGISTERS AND POLLUTANTS' TRANSITION FOR REPORTING ON ENVIRONMENTAL PROTECTION CONVENTIONS

S. Kakareka

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. Currently, much attention in the world is paid to access to environmental information, including information on emissions of pollutants, which is ensured by the creation of pollutant release and transfer registers (PRTR). The Aarhus Convention of 1998 and its special protocol, the Protocol on Pollutants Release and Transfer Register (Protocol on PRTR), signed in May 2003, established the regulatory framework for such access. The article analyzes the completeness and accuracy of information on emissions of persistent organic pollutants (POPs) in the European Emission and Transfer Register (E-PRTR), which has a 15-year history. It is shown that the most complete is the information on emissions of dioxins/furans into atmospheric air; information on dioxins/furans releases into water and soil is significantly less complete. Emissions data for polychlorinated biphenyls (PCB), hexachlorobenzene (HCB), pentachlorobenzene (PeCB) and hexachlorobutadiene (HCBD) are fragmentary. It is possible to use aggregated (by countries, sectors, etc.) estimates obtained on the basis of E-PRTR data only by conducting an additional analysis of the completeness and accuracy of the information; verification of E-PRTR data may be done, for instance, by comparing with the EMEP program emission estimates.

The experience of creating the European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) can be used in the development of the Belarusian PRTR, taking into account the areas of its application; in particular for reporting under the Stockholm Convention.

Key words: dioxins/furans; polychlorinated biphenyls; hexachlorobenzene; pentachlorobenzene; hexachlorobutadiene.

For citation. Kakareka S. Facilities of the use of the informational potential of emission registers and pollutants' transition for reporting on environmental protection conventions. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 36–45.

Введение. В настоящее время большое внимание в мире уделяется доступу к экологической информации, в том числе информации о выбросах загрязняющих веществ. Нормативные рамки такому доступу заложила Орхусская конвенция 1998 г. и специальный протокол к ней – Протокол о регистрах и переносе выбросов (Протокол о РВПЗ), подписанный в мае 2003 г. в г. Киеве [1]. К настоящему времени Сторонами данного протокола являются 35 стран и Европейский Союз.

Ожидается, что благодаря созданию доступных для общественности общенациональных регистров загрязнителей и введения для компаний требований о предоставлении регулярных отчетов о своих выбросах и переносе конкретных загрязнителей. Протокол о РВПЗ будет также содействовать снижению уровней загрязнения и, следовательно, устойчивому развитию. Предприятия могут получить прямые выгоды благодаря извлечению выводов из новой информации, обобщаемой в ежегодных отчетах РВПЗ. Инвесторы и потребители получат возможность лучше оценивать экологическую результативность компаний и принимать более информированные решения на глобальном рынке [2].

Одним из старейших РВПЗ в мире является Европейский регистр выбросов и переноса загрязнителей (Е-РВПЗ) [3]. Он функционирует (первый отчетный год) с 2007 г. Е-РВПЗ создан во исполнение Распоряжения ЕС/166/2006 о регистре выбросов и переносах загрязнителей [4], принятого после подписания в 2003 г. протокола о регистрах к Орхусской конвенции. В свою очередь, указанное Распоряжение явилось развитием Решения 2000/479/ЕС о Европейском регистре выбросов, на основе которого собраны данные в Европейском регистре выбросов за 2001 и 2004 г. [5]. В настоящее время он охватывает страны ЕС, а также Исландию, Лихтейнштейн, Норвегию, Сербию и Швейцарию.

Необходимо отметить, что до создания Е-РВПЗ в США в 1986 г. была создана система инвентаризации выбросов токсикантов (TRI) [6], опыт функционирования которой использован при создании регистров выбросов в других странах.

В Беларуси в настоящее время функционирует система статистического учета выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также отходов, основы которой заложены в СССР в 1970-е годы. Однако в открытом доступе имеется лишь информация, обобщенная и агрегированная на уровне административных единиц, городов, видов деятельности. Информация на уровне предприятий считается конфиденциальной.

В то же время информация о выбросах в разрезе предприятий (точечных источников) необходима для выполнения моделирования переноса и рассеяния загрязняющих веществ, оценки воздействия, подготовки инвентаризаций выбросов, в том числе для отчетности по международным конвенциям, таким как Женевская и Стокгольмская.

В статье анализируется Европейский РВПЗ как база данных (источник информации) о выбросах СОЗ, возможности применения РВПЗ для получения информации, необходимой для отчетов по международным конвенциям в связи с планируемым созданием РВПЗ в Беларуси.

Исходная информация и методы:

– данные о выбросах СОЗ, содержащиеся в Е-РВПЗ [3];

– данные о выбросах СОЗ в БД ЕМЕП WebDab [7].

Анализируется информация о следующих СОЗ, регулируемых Стокгольмской конвенцией: диоксины/фураны (ПХДД/Ф), полихлорированные бифенилы (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ), пентахлорбензол (ПеХБ), гексахлорбутадиен (ГХБД). Для сравнения использованы данные WebDab – базы данных о выбросах, созданной в рамках Программы ЕМЕП.

Результаты анализа данных о выбросах СОЗ в Е-РВПЗ.

Основные показатели Е-РВПЗ. Согласно Протоколу о РВПЗ 2003 г., предприятия, эксплуатирующие установки, относящиеся к видам деятельности, превышающим порог мощности Приложения 1, и выбрасывающие вещества Приложения 2 выше приведенных в нем порогов, должны предоставлять информацию согласно перечню, приведенному в статье 7. Эта информация включает годовые выбросы загрязняющих веществ в воздух, воду, почвы, а также перенос загрязнителей за пределы участков со сточными водами и отходами.

Пороги выбросов для СОЗ, включенных в Стокгольмскую конвенцию, и Протокол по СОЗ к Женевской конвенции, согласно РВПЗ, приведены в табл. 1.

В настоящее время в Е-РВПЗ содержится информация о выбросах от более 30 тыс. промышленных предприятий 65 видов экономической деятельности 30 стран Европы.

Имеются данные о выбросах также диффузных источников, однако только для основных загрязняющих веществ. Формальные показатели делают регистр крупнейшим источником информации о выбросах загрязняющих веществ в различные среды. Тем самым возникает возможность его использования как источника информации и в научных целях, а также для формирования отчетности по другим конвенциям, в частности Женевской, Стокгольмской и, в перспективе, Минамата.

Таблица 1. **Пороги предоставления отчета о выбросах и переносе загрязнителей согласно Протоколу о РВПЗ и Распоряжению 166/2006, кг/год [1]**

Table 1. **Pollutants release and off-site transfer thresholds according to PRTR Protocol and Resolution 166/2006, kg/y**

Вещество	Выбросы			Пороговое значение для переноса загрязнителей за пределы участка
	в воздух	в воду	в землю	
Диоксины	0,001/0,0001*	0,001/0,0001*	0,001/0,0001*	0,001
ПХБ	0,1	0,1	0,1	1
ГХБ	10	1	1	1
ПеХБ	1	1	1	5
ГХБД	-	1	1	5

*Порог согласно Распоряжению 166/2006.

Европейский Регистр выбросов и переноса загрязнителей содержит информацию примерно от 400 предприятий – источников выбросов диоксинов/фуранов (в 2015 г. отчиталось 391 предприятие), около 100 предприятий – источников выбросов ПХБ (в 2015 г. отчиталось 60 предприятий) и около 10 предприятий – источников выбросов гексахлорбензола (в 2015 г. отчиталось 6 предприятий). В настоящее время для подготовки данных о выбросах СОЗ в атмосферный воздух в рамках Е-РВПЗ на предприятиях применяются разные методологии, включая расчетные и основанные на измерениях. Исходя из анализа информации, представляемой в рамках Е-РВПЗ, установлено, что методы расчета диоксинов/фуранов в 35 % случаев базируются на международных стандартах измерений. Применяются они для оценки выбросов от различных установок (сжигания топлива, отходов, производства металлов и др.) в разных странах. Согласно представленной предприятиями информации, в ряде случаев используемые методологии не конкретизированы; это касается методологий как принятых для конкретных предприятий, так и созданных на национальном/региональном уровнях для отдельных веществ.

Диоксины/фураны. Валовые выбросы диоксинов *в атмосферный воздух* в Европе по данным Е-РВПЗ составили в 2015 г. 1,408 кг ЭТ (табл. 2). Почти половина выбросов пришлась на предприятия Греции (639 г ЭТ); 14 предприятий выбросили более 10 г ЭТ, в том числе из Польши – 7, из Греции – 4, из Великобритании – 2, из Испании – 1. Крупнейший источник выбросов – предприятие PPC S.A. SES KARDIAS, относящееся к сектору «Энергетика и другие установки по сжиганию» (Греция), – 278 г ЭТ, т. е. более 1/5 европейских выбросов. Вместе с двумя другими аналогичными предприятиями: PPC S.A. SES AGIOY DHMHTRIOY (210 г ЭТ) и PPC S.A. SES AMYNTAIOY (109 г ЭТ), – выбросы этих трех предприятий составили в 2015 г. 35 % европейских атмосферных выбросов диоксинов/фуранов.

Три предприятия, относящиеся к сектору «Энергетика и другие установки по сжиганию», имели выбросы более 100 г ЭТ. Столь же высокие выбросы производились ими в 2013–2014 гг., в то время как в 2007–2011 гг. в Греции они не превышали 15 г ЭТ и снижались до 0,2 г ЭТ (2009 г.).

Основные источники атмосферных выбросов относятся к энергетике (в 2015 г. – более 50 %), металлургии (в 2015 г. – более 30 %). Вклад обработки отходов (включая сжигание) составил в 2015 г. только 4 %, в то время как в 2011 г. – 72 %, а вклад минеральной индустрии в 2015 г. – 0,5 %, в то время как в 2014 г. – 17 % (табл. 3).

При интерпретации данных Е-РВПЗ о выбросах *в почву* необходимо учитывать особенность отчетности о выбросах: согласно Руководству (2006 г.), в качестве выбросов в почву рекомендуется показывать только очистку почв и закачку отходов в глубинные горизонты.

В Е-РВПЗ имеются данные о выбросах диоксинов/фуранов в почву только для Словакии (от 11 предприятий) и только для 2007 и 2008 г. – 2,13 и 0,02 кг соответственно. В 2007 г. 40 % выбросов в почву было обусловлено деятельностью металлургических предприятий; оставшаяся часть выбросов приходилась на предприятия энергетики, обработки отходов и прочие сектора.

В Е-РВПЗ ежегодно предоставляют информацию о выбросах *в воду* от 37 до 127 предприятий. Данные отрывочны и вызывают сомнения. Так, в 2015 г. 98 % выбросов в воду пришлось на Австрию, (причем от одного предприятия – Energie- und Abfallverwertungs Gesellschaftm.b.H., сектор «Установки по сжиганию неопасных отходов»), в 2014 г. более 50 % – на Нидерланды (86 предприятий) (для Австрии нет данных за этот год, в предшествующие годы – 0,009–0,025 кг), при этом валовые выбросы были в 20 раз меньше – 0,05 кг, в 2012 г. более 50 % – на Францию.

Значительные колебания по годам валовых выбросов диоксинов/фуранов в воду сопровождаются и резкими колебаниями вклада секторов. Так, в 2015 г. 98 % выбросов в воду пришлось на сектор обращения с отходами, в 2013 и 2014 г. – 73 и 92 % соответственно. Производство металлов внесло максимальный вклад в валовые выбросы диоксинов/фуранов в воду в 2009 г. (40 %) и 2010 г. (35 %); вклад химической промышленности в 2012 г. составил 62 %.

Таблица 2. **Выбросы диоксинов/фуранов в странах Европы в 2015 г. по данным Е-РВПЗ [3], кг ЭТ**

Table 2. **Dioxins/furans emission in European countries in 2015 by E-PRTR data [3], kg TEQ**

Страна	Воздух	Вода	Почва
Австрия	–	1,000	–
Бельгия	0,025	–	–
Болгария	0,003*	–	–
Чехия	0,137	–	–
Дания	0,000	–	–
Франция	0,024	0,001	–
Германия	0,120	0,001	–
Греция	0,639		–
Италия	0,028**	0,003**	–
Нидерланды	0,003	0,004	–
Норвегия	0,002	–	–
Польша	0,243	–	–
Португалия	0,012	–	–
Румыния	0,018	–	–
Словакия	–	–	2,13*** 0,02****
Испания	0,092	0,001	–
Швеция	0,002	0,005	–
Швейцария	0,002	–	–
Великобритания	0,084	0,006	–
Всего:	1,405	1,017	–

Данные: *за 2012 г.; **за 2014 г.; ***за 2007 г.; ****за 2008 г.

Таблица 3. **Выбросы диоксинов/фуранов в странах Европы в 2015 г. по данным Е-РВПЗ по секторам [3], кг ЭТ**

Table 3. **Dioxins/furans emission in Europe by activity sectors in 2015 by E-PRTR data [3], kg TEQ**

Сектор	Воздух	Вода	Почва*
Химическая промышленность	0,075	0,001	–
Энергетика и другие установки по сжиганию	0,949	0,006	0,426
Минеральная промышленность	0,007	0,001	–
Производство и обработка бумаги и древесины	0,014	–	–
Производство и обработка металлов	0,292	0,001	0,852
Обращение с отходами	0,060	1,000	0,426
Прочие виды деятельности	0,011	–	0,426
Всего:	1,408	1,009	2,130

*Данные за 2007 г.

ПХБ. Выбросы ПХБ ***в воздух*** в 15 странах Европы составили в 2015 г. 108,5 кг (табл. 4). Более 70 % выбросов пришлось на Румынию (72 кг): компания SC ARCELORMITTAL GALATI SA занимает 6 позиций в списке за 2015 г. предприятий с разными видами деятельности.

В разрезе видов деятельности на производство и обработку металлов приходится около 60 % выбросов ПХБ в воздух, на энергетику – 22, на химическую промышленность – 14 % (табл. 5).

В 2015 г. выбросы ПХБ ***в воду*** в 16 странах Европы составили 102,02 кг; почти 93 % этого количества пришлось на одну страну – Испанию. Всего представили отчет 19 предприятий; на предприятии IBERIA LAE, вид деятельности – «Установки по очистке поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролиза или химического процесса», выбросы ПХБ в воду составили 91,9 кг. Соответственно, указанный сектор являлся основным источником выбросов ПХБ в воду в Европе в 2015 г. В то же время выбросы ПХБ в воду по данным Е-РВПЗ весьма нестабильны: в 2009 г. предприятие STEP – Angers la Baumette (Франция), относящееся к сектору «Заводы по обработке городских сточных вод», выбросило в воду 121 кг ПХБ (в 2007 г. – 1 кг, в 2008–2011 и 2012–2014 гг. – 0,12–0,23 кг); в 2008–2012 гг. выбросы предприятия IMPIANTO DEPURAZIONE ACQUE REFLUE URBANE (тот же сектор) составляли 58,5–65,1 кг ежегодно, за другие годы данных нет. Из-за колебаний в отчетности варьирует и вклад секторов в валовые выбросы; в целом преобладает вклад обращения с отходами (более 90 % – кроме 2015 г.).

Таблица 4. **Выбросы ПХБ и ГХБ в странах Европы в 2015 г. по данным E-PBПЗ [3], кг**

Table 4. **PCB and HCB emission in European countries in 2015 by E-PRTR data [3], kg**

Страна	ПХБ			ГХБ	
	Воздух	Вода	Почва	Воздух	Вода
Бельгия	6,937	3,69	–	–	–
Чехия	0,123	–	–	–	–
Дания	–	1,03	–	–	–
Франция	–	–	1,033	–	2,0
Германия	1,093	–	–	192,0	–
Греция	0,276	–	–	–	–
Италия	–	–	–	–	–
Норвегия	–	–	–	–	–
Румыния	72,000	0,131	–	–	–
Испания	9,760	94,515	–	–	–
Швейцария	3,700	–	–	–	–
Великобритания	8,999	0,65	–	–	–
Польша	–	–	–	–	22,38
Всего:	108,45	100,016	1,033	192,0	24,38

Таблица 5. **Выбросы ПХБ и ГХБ в странах Европы в 2015 г. по данным E-PBПЗ в разрезе секторов [3], кг**

Table 5. **PCB and HCB emission in Europe by activity sectors in 2015 by E-PRTR data [3], kg**

Сектор	ПХБ			ГХБ	
	Воздух	Вода	Почва	Воздух	Вода
Химическая промышленность	2,23	4,64	0,13	128,0	9,46
Энергетика	23,95	1,33	–	32,0	7,46
Минеральная промышленность	15,16	–	–	–	–
Производство и обработка металлов	60,66	91,90	–	–	–
Обращение с отходами	6,46	4,14	0,90	32,0	7,46
Всего:	108,45	102,016	1,03	192,0	24,38

В 2015 г. только два предприятия отчитались по выбросам ПХБ ***в почву***: ADISSEO (Франция) сектор «Установки про производству фармацевтических продуктов в промышленном масштабе с использованием химического или биологического процесса» – 0,133 кг и POITOU COMPOST (Франция) – «Установки по размещению неопасных отходов» – 0,9 кг; суммарный выброс – 1,033 кг. За период с 2007 по 2015 г. максимальный выброс составил 516,04 кг (2009 г.), причем 483 г пришлось на предприятие STEP – Angers la Baumette (Франция) – сектор «Заводы по обработке городских сточных вод». На обращение с отходами приходится в многолетнем разрезе основная часть выбросов ПХБ в почвы.

ГХБ. В 2015 г. в семи странах Европы от точечных источников выброшено в атмосферный воздух 192 кг гексахлорбензола; между 2007–2015 гг. выбросы колебались в диапазоне 20,5–225,3 кг/год. Данные предоставило одно предприятие – DOW Deutschland Anlagenges. m.b.H Werk Stade в шести различных секторах. В 2007–2008 гг. количество отчитавшихся предприятий составило 4, в 2009 г. – 2, в 2010 г. – 1, в 2011 г. – 3, в 2013 г. – 2, в 2014 г. – 3. Основной вклад в выбросы вносят химическая промышленность и обращение с отходами.

Выбросы ГХБ ***в воду*** в 2015 г. составили 24,38 кг от двух предприятий: INOVYN FRANCE (Франция) – «Основные пластмассы» – 2 кг, и PCC Rokita SA (Польша) 3,73 кг в шести различных секторах. В период с 2007 по 2015 г. выбросы в воду колебались в диапазоне 24,38–200,78 кг; количество отчитавшихся предприятий в 2007 г. достигло 11, 2008 г. – 5, 2009 г. – 3, 2010 г. – 2, 2011 г. – 5, 2012 г. – 4, 2013 г. – 3, 2014 г. – 3. Основной вклад в выбросы: обращение с отходами.

Данные о выбросах ГХБ ***в почву*** в E-PBПЗ отсутствуют.

ПеХБ. Данные о выбросах ПеХБ ***в атмосферный воздух*** имеются в E-PBПЗ за 2008–2012 гг. от пяти стран. В 2008 г. они составили 3234 кг (одно предприятие из Финляндии и два предприятия из Франции), в 2012 г. – 1,5 кг (одно предприятие из Португалии).

Данные о выбросах ***в воду*** имеются за 2007–2015 гг. от четырех стран. На 2015 г. в E-PBПЗ имеются данные о выбросах от ПеХБ от двух химических предприятий из Франции, в сумме составляющие 29,8 кг. В 2009 г. выбросы достигли 671,9 кг (5 предприятий), в 2010 г. – 1922,1 кг (8 предприятий из Италии и Словакии, в том числе от предприятий Словакии выбросы составили 1700 кг – одно

предприятие), 2011 г. – 24,01 кг (4 предприятия из Италии), 2012 г. – 465,1 кг (6 предприятий из Италии и Франции), 2013 г. – 92,66 кг (3 предприятия из Италии и Франции), 2014 г. – 95,15 кг (5 предприятий из Италии и Франции). Предприятие IMPIANTO DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE DI FERRARA (Италия) (обработка сточных вод) отчитывалось с 2010 по 2014 г. за выбросы ПеХБ, составляющие 43–120 кг/год.

ГХБД. Для ГХБД в Е-РВПЗ имеются данные только о выбросах *в воду* за 2007–2015 гг. от 11 стран. В 2015 г. выбросы составили 189,17 кг (8 предприятий), в том числе от химического предприятия INOVYN FRANCE (Франция) – 142 кг. В 2014 г. выбросы составили 317,94 кг (17 предприятий), в том числе 98 кг от предприятия по очистке сточных вод IMPIANTO DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE DI FERRARA (Италия), и 156 кг – химического предприятия SOLVAY ELECTROLYSE FRANCE (Франция). Минимальными были выбросы в 2009 г. – 156,5 кг (15 предприятий).

Обсуждение.

Сравнение с данными ЕМЕП. Для оценки полноты и точности данных о выбросах СОЗ, содержащихся в Е-РВПЗ, выполнено их сопоставление с данными о выбросах Программы ЕМЕП (только выбросы в воздух) (по состоянию на 2014–2015 гг.). Результаты приведены в таблице 8.

Можно отметить, что по всем СОЗ выбросы в базе данных ЕМЕП (сумма для стран ЕС) превышают выбросы в Е-РВПЗ: по диоксинам – в 2,2 раза, по ГХБ – в 1,4, по ПХБ – в 32,5 раза. Различия по оценкам для стран еще более значительные; при этом данные для ПХБ и ГХБ в РВПЗ есть только для единичных стран.

Так, в Греции выбросы по данным РВПЗ в 2015 г. составили 639 г ЭТ, по данным отчета в ЕМЕП – 1230 г ЭТ, в Италии в 2014 г. – 28 и 269,1 г ЭТ, в Австрии в 2014 г. – 2 и 30,9 г ЭТ, Франции – 24 и 114,2 г ЭТ соответственно.

Выбросы СОЗ по агрегированным видам деятельности по данным Программы ЕМЕП приведены в таблице 9. Основные источники выбросов диоксинов/фуранов, ПХБ и ГХБ – энергетика и прочее стационарное сжигание, промышленность, отходы.

Причины столь существенных различий:

– в РВПЗ представляют отчет только крупные источники; это особенно сказывается на оценках выбросов ПХБ и ГХБ, для которых пороги предоставления отчетности очень высоки, вследствие чего отчитываются по этим веществам лишь единичные предприятия;

– оценки выбросов СОЗ от диффузных источников в Е-РВПЗ пока отсутствуют;

– многие предприятия, по-видимому, отчитываются в Е-РВПЗ нерегулярно, либо изменяют методологию расчета, вследствие чего трудно проследить ряды выбросов по предприятиям.

Таблица 6. **Сравнительные уровни выбросов диоксинов/фуранов, ПХБ и ГХБ в 2015 г. по данным РВПЗ и Программы ЕМЕП [3, 7], кг**

Table 6. **Comparative values of dioxins/furans, PCB and HCB emission in 2015 by E-PRTR and EMEP data [3, 7], kg**

Страна	Диоксины/фураны		ГХБ		ПХБ	
	РВПЗ	ЕМЕП	РВПЗ	ЕМЕП	РВПЗ	ЕМЕП
Австрия	0,002*	0,044	–	42,245	–	35,694
Бельгия	0,025	0,031	–	5,932	6,94	3,102
Болгария	–	0,056	–	0,209	–	3,008
Чехия	0,137	0,035	–	22,893	0,12	1,788
Дания	0,000	0,022	–	2,176	–	41,467
Франция	0,024	0,115	–	5,526	–	41,585
Германия	0,120	0,119	192,0	12,423	1,09	229,035
Греция	0,639	1,230	–	2,815	0,28	29,138
Италия	0,028*	0,281	–	21,52	–	194,837
Нидерланды	0,003	0,023	–	3,274	–	0,000
Норвегия	0,002	0,017	–	1,406	–	25,607
Польша	0,243	0,290	–	4,829	–	627,306
Португалия	0,012	0,059	–	87,92	–	1093,010
Румыния	0,018	0,156	–	2,323	72,00	20,230
Испания	0,092	0,178	–	1,029	9,76	26,850
Швеция	0,002	0,023	–	3,819	–	9,093
Швейцария	0,002	0,021	–	0,342	3,70	–
Великобритания	0,084	0,194	–	27,477	9,00	608,538
ЕС-28	1,408	3,076	192,0	268,788	108,45	3524,380

*Данные за 2014 г.

Таблица 7. **Выбросы СОЗ в странах ЕС-28 в 2015 г. в разрезе видов деятельности по данным Программы ЕМЕП [7], кг**

Table 7. **POPs emission in EC-28 in 2015 by activity sectors according to EMEP data [7], kg**

Сектор	Диоксины/фураны	ГХБ	ПХБ
Энергетика	0,67	42,04	347,72
Промышленность	0,60	120,00	2397,10
Прочее стационарное сжигание	0,75	64,75	542,77
Диффузные выбросы	0,15	0,00	19,13
Растворители	0,02	0,00	0,00
Дорожный транспорт	0,08	1,39	27,12
Судоходство	0,00	0,33	0,87
Внедорожный транспорт	0,01	0,35	14,68
Отходы	0,78	18,78	174,91
Прочие отрасли сельского хозяйства	0,02	21,16	0,07
Природные источники	0,01	0,02	0,17
Международное судоходство	0,02	2,22	8,61
Всего:	3,11	271,04	3533,17

В целом данные ЕМЕП представляются более полными и точными.

Анализ данных, представленных за период с 2007 по 2015 г. в рамках Е-РВПЗ, показал, что в целом для Европы прослеживается тенденция снижения выбросов диоксинов/фуранов и ПХБ (рис. 1, 2). В то же время по данным Программы ЕМЕП тренды существенно более сглаженные. В отношении ГХБ из-за ограниченного объема представленной информации тренд оценить не представляется возможным.

Вариабельность значений диоксинов/фуранов и ПХБ может быть обусловлена в том числе изменениями количества отчитывающихся предприятий.

Если рассматривать тренды выбросов диоксинов/фуранов для отдельных стран, то выраженность трендов весьма различна: наиболее отчетливый для Италии, менее выражен для Германии и других стран. Столь существенные различия в выбросах данного поллютанта между странами с примерно одинаковым промышленным потенциалом не совсем понятны.

При анализе возможностей применения данных РВПЗ для отчетности по Стокгольмской конвенции [8] необходимо учитывать различия в методологиях Е-РВПЗ и Стокгольмской конвенции в отношении выбросов в воду и почву. Выбросы в воду по Е-РВПЗ – это только выбросы в водоемы, в Стокгольмской конвенции – в целом в сточные воды. Состояние методического обеспечения инвентаризации выбросов СОЗ к настоящему времени весьма различно для разных СОЗ и разных сред. Наиболее хорошо исследованы выбросы диоксинов/фуранов в атмосферный воздух; существенно меньше данных о выбросах диксинов/фуранов в воду и почву, а также о выбросах ПХБ и ГХБ в атмосферный воздух. В целом имеющееся методическое обеспечение позволяет проводить инвентаризации выбросов диоксинов/фуранов во все среды, и ПХБ и ГХБ – в атмосферный воздух [9]. Обеспечение оценки выбросов ПХБ и ГХБ в воду и почву, а также ПеХБ и ГХБД во все среды пока весьма неполно и применимо в основном на уровне страны/сектора; в связи с этим имеющиеся в Е-РВПЗ оценки выбросов для предприятий целесообразно рассматривать как полуколичественные.

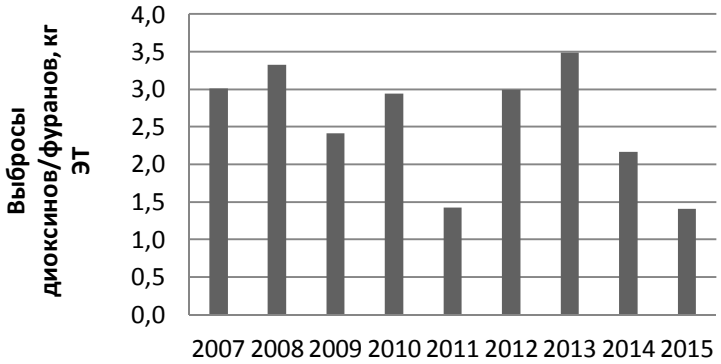


Рис. 1. Динамика выбросов диоксинов/фуранов в европейских странах (22) за период с 2007 по 2015 г. по данным Е-РВПЗ

Fig. 1 Dynamics of dioxins/furans emission in European countries (22) from 2007 to 2015 by the data of E-PRTR

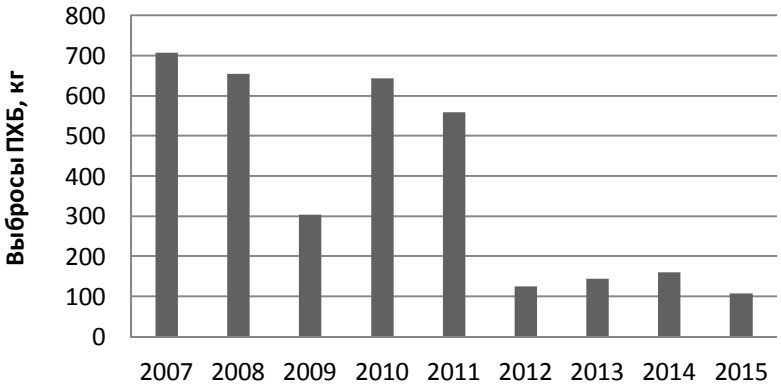


Рис. 2. Динамика выбросов ПХБ в европейских странах (11) за период с 2007 по 2015 г. по данным Е-РВПЗ

Fig. 2. Dynamics of PCB emission in European countries (11) from 2007 to 2015 by the data of E-PRTR

Заключение. Выполненный анализ показал, что Е-РВПЗ содержит обширную информацию о выбросах СОЗ в Европе, имеет развитый интерфейс, удобен в использовании в различных средах, в том числе не только в атмосферном воздухе, но и в воде и почве. В то же время использовать агрегированные (по странам, секторам и др.) оценки, полученные из Е-РВПЗ, можно лишь проводя дополнительный анализ полноты и достоверности информации. В Е-РВПЗ отсутствует система выявления пробелов: неясно, какая доля предприятий сектора отчиталась. При использовании данных Е-РВПЗ необходима их верификация путем сравнения с оценками выбросов по Программе ЕМЕП, другим программам и базам данных, в частности по Стокгольмской конвенции.

РВПЗ представляет собой пример инвентаризации «снизу вверх», когда оценки на уровне сектора и страны получаются суммированием оценок выбросов на уровне предприятий. В отличие от инвентаризации «сверху вниз», в которых оцениваются выбросы непосредственно на уровне сектора, исходя из определенного перечня, результаты данной инвентаризация определяются полнотой отчетности (долей отчитавшихся предприятий), а также порогами представления отчета. Сочетание этих двух факторов осложняет процесс верификации результатов такой инвентаризации.

Пороги представления отчета о выбросах СОЗ в Е-РВПЗ являются завышенными, в связи с этим лишь малая часть источников выбросов отчитывается, что ведет к занижению валовых оценок выбросов СОЗ. При создании РВПЗ в Беларуси это необходимо учитывать. Целесообразно распространить систему подготовки оценок диффузных выбросов на СОЗ, для которых в настоящее время диффузные источники преобладают.

Важнейшую роль в получении точных оценок выбросов имеет методическое обеспечение. Под эгидой ОЭСР, МПБОХВ, ряда других организаций выпущено много руководств по ведению регистров выбросов, например [9–13], однако они зачастую носят общий характер и не являются руководствами, предназначенными непосредственно для получения количественный оценок выбросов, к которым относятся Методическое руководство по идентификации и оценке выбросов диоксинов, фуранов и других непреднамеренных СОЗ [9] и Руководство по инвентаризации и проектированию выбросов ЕМЕП/ЕЕА [14], а также национальный руководящий документ по расчету выбросов СОЗ ТКП 17.08-13-2011 (02120) [15].

Для верификации имеющейся в РВПЗ информации и ее использования для отчетности по конвенциям необходимо, чтобы отчетность содержала также количественные показатели основной деятельности.

Создание РВПЗ в Беларуси послужит стимулом к разработке и совершенствованию методического обеспечения инвентаризации выбросов, в том числе в воду и землю. При этом опыт Е-РВПЗ показывает, что для получения полной и точной информации в регистрах подобного рода необходимы значительные усилия, развитая институциональная и методическая база и достаточно продолжительное время.

Список использованных источников

1. Протокол о регистрах выбросов и переносах загрязнителей к Конвенции 1998 года о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция). ЕЭК ООН, 2003. – 76 с.

2. Руководство по осуществлению Протокола о регистрах выбросов и переноса загрязнителей к Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды. ЕЭК ООН, Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк и Женева, 2008. – 133 с.

3. European Pollutant Release and Transfer Register [Electronic resource]. – Mode of access: http://prtr.ec.europa.eu/. – Date of access: 18.08.2018.

4. Regulation (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91.

5. Commission decision of 17 July 2000 on the implementation of a European pollutant emission register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC) (2000/479/EC).

6. Toxics Release Inventory (TRI) Program [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program. – Date of access: 15.09.2018.

7. WebDab – EMEP database [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.ceip.at/ms/ ceip_home1/ ceip_home/webdab_emepdatabase. – Date of access: 26.08.2018.

8. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях с поправками, внесенными в 2009 году. Текст и приложения. – 66 с.

9. Toolkit for Identification and Quantification of Releases of Dioxins, Furans and Other Unintentional POPs. UNEP. – 2013. – 445 p.

10. OECD Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 1 : Summary of Point Source Techniques. Series on Pollutant Release and Transfer Registers No. 5. – Paris : Organization for Economic Co-operation and Development, 2013. – 89 p.

11. OECD: Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 2 : Summary of Diffuse Source Techniques. Series on Pollutant Release and Transfer Registers No. 6. – Paris : Organization for Economic Co-operation and Development, 2003. – 107 p.

12. OECD Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 3 : Summary of Techniques for estimating quantities transferred, released or disposed. PRTR series No. 19. – Paris : Organization for Economic Co-operation and Development, 2017. – 35 p.

13. OECD: Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 4 : Summary of Techniques for Releases of chemicals from Products. Series on Pollutant Release and Transfer Registers No. 20. – Paris : Organization for Economic Co-operation and Development, 2017. – 361 p.

14. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016. Technical report № 21/2016 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016. – Date of access: 26.09.2018.

15. ТКП 17.08-13-2011 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов стойких органических загрязнителей», утв. постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 19.08.2011 № 10-Т (вст. в силу с 01.01.2012).

References

1. *Protokol o registrakh vybrosov i perenosakh zagryazniteley k Konventsii 1998 goda o dostupe k informatsii, uchastii obshchestvennosti v protsesse prinyatiya resheniy i dostupe k pravosudiyu po voprosam, kasayushchimsya okruzhayushchey sredy (Orkhusskaya konventsiya)* [Protocol on Pollutant Release and Transfer Registers to the 1998 Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters (the Aarhus Convention)]. UNECE, 2003. – 76 p. (in Russian).

2. *Rukovodstvo po osushchestvleniyu Protokola o registrakh vybrosov i perenosa zagryazniteley k Konventsii o dostupe k informatsii, uchastii obshchestvennosti v protsesse prinyatiya resheniy i dostupe k pravosudiyu po voprosam, kasayushchimsya okruzhayushchey sredy* [Guidance on Implementation of the Protocol on Pollutant Release and Transfer Registers to the Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters]. UNECE, 2008. – 133 p. (in Russian).

3. European Pollutant Release and Transfer Register. Available at: http://prtr.ec.europa.eu (Accessed 18 August 2018).

4. Regulation (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91.

5. Commission decision of 17 July 2000 on the implementation of a European pollutant emission register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC) (2000/479/EC).

6. Toxics Release Inventory (TRI) Program. Available at: https://www.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program (Accessed 15 September 2018).

7. WebDab – EMEP database. Available at: http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase (Accessed 26 August 2018).

8. *Stokgol'mskaya konventsiya o stoykikh organicheskikh zagryaznitelyakh s popravkami, vnesennymi v 2009 godu. Tekst i prilozheniya* [Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) as amended in 2009. Text and Annexes]. – 66 p. (in Russian).

9. Toolkit for Identification and Quantification of Releases of Dioxins, Furans and Other Unintentional POPs. UNEP – 2013. – 445 p.

10. OECD Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 1: Summary of Point Source Techniques. Series on Pollutant Release and Transfer Registers No. 5. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2013. – 89 p.

11. OECD: Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 2: Summary of Diffuse Source Techniques. Series on Pollutant Release and Transfer Registers No. 6. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2003. – 107 p.

12. OECD Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 3: Summary of Techniques for estimating quantities transferred, released or disposed. PRTR series No. 19. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2017. – 35 p.

13. OECD: Resource Compendium of PRTR Release Estimation Techniques, Part 4: Summary of Techniques for Releases of chemicals from Products. Series on Pollutant Release and Transfer Registers No. 20. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development, 2017. – 361 p.

14. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016. Technical report № 21/2016. Available at: http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016 (Accessed 26 September 2018).

15. *TKP 17.08-13-2011 (02120) Okhrana okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovaniye. Atmosfera. Vybrosy zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernyy vozdukh. Pravila rascheta vybrosov stoykikh organicheskikh zagryazniteley* [TCP 17.08-13-2011 (02120) Environmental protection and nature use Atmosphere Emissions of harmful substances into the atmospheric air. Rules of emissions calculation of persistent organic pollutants. The Decree of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus, No. 10-T 19/08/2011] (in Russian).

Информация об авторе

Какарека Сергей Витальевич – д-р техн. наук, зав. лаб. трансграничного загрязнения, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: sk001@yandex.ru

Information about the author

Sergey V. Kakareka – D.Sc. (Technical), Head of Lab. of Transboundary Pollution, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sk001@yandex.ru

УДК 502.3:502.175; 502.3:504.5

Поступила в редакцию 14.11.2018
Received 14.11.2018

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ И ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. М. Конькова, И. П. Наркевич

Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь;
РУП «Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», Минск, Беларусь

Аннотация. В статье представлена информация о Государственном кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Рассмотрены особенности подготовки кадастра парниковых газов Республики Беларусь. Рассмотрены методы инвентаризации парниковых газов в секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ). Особое внимание уделено оценке запасов углерода в категории «Лесные земли» данного сектора. Оценены выбросы и стоки парниковых газов в секторе ЗИЗЛХ. Впервые проведен перерасчет площадей земель Республики Беларусь в соответствии с земельными категориями по МГЭИК. Даны рекомендации по совершенствованию инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ.

Ключевые слова: парниковые газы; кадастр парниковых газов; землепользование; изменение землепользования и лесное хозяйство; климат; землепользование.

Для цитирования. Конькова В. М., Наркевич И. П. Оценка выбросов парниковых газов в землепользовании и лесном хозяйстве в Республике Беларусь // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 46–55.

THE ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSION IN LAND USE AND FORESTRY IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. M. Kankova, I. P. Narkevitch

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Belarus;
RUE "Belarusian Research Center "Ecology"", Minsk, Belarus

Abstract. The article provides information on the State Inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases. There are considered methods of inventory of greenhouse gases in the sector "Land use, land use change and forestry". Particular attention is paid to assessment carbon stocks in the Forest Land category of this sector. For the first time, the recalculation of the land areas of the Republic of Belarus in accordance with the land categories of the IPCC was carried out.

Keywords: greenhouse gases; greenhouse gas inventory; land use; land use change and forestry; climate; land use.

For citation. Kankova V. M., Narkevitch I. P. The assessment of greenhouse gas emission in land use and forestry in the Republic of Belarus. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 46–55.

Введение. Изменение климата, происходящее за счет «парникового эффекта», является проблемой общемирового масштаба и представляет серьезную потенциальную угрозу для состояния окружающей среды. Парниковые газы (далее ПГ) – газы, вызывающие глобальный парниковый эффект; к основным парниковым газам, в порядке их оцениваемого воздействия на тепловой баланс Земли, относят: двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O), и четыре газа-прекурсора: окись углерода (CO), окислы азота (NO_x), неметановые летучие органические соединения и окислы серы (SO_x). Разработка и осуществление национальной политики и мер по ограничению, приостановлению и снижению выбросов ПГ в атмосферу зависят от уровня экономического развития страны [1].

Для объединения усилия по предотвращению опасных изменений климата и стабилизации концентрации ПГ в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему 9 мая 1992 г., была подписана Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (далее – РКИК ООН) [2]. Дополнительным документом к РКИК ООН стал Киотский протокол, принятый 11 декабря 1997 г., который налагал обязательства для Сторон по сокращению выбросов, устанавливаемые на определенный срок, а также рыночные механизмы их осуществления [3].

Продолжением Киотского протокола РКИК ООН стало Парижское соглашение, принятое в 2015 г. [4]. 20 сентября 2016 г. согласно Указу Президента Республики Беларусь № 345 «О принятии международного договора» Республика Беларусь стала 30-й стороной Парижского соглашения [5]. Парижское соглашение вступило в силу 4 ноября 2016 г. и в настоящее время его ратифицировали 179 стран из 197 Сторон Конвенции [6]. Начало отчетного периода по Парижскому соглашению планируется после 2020 г. [4].

Парижское соглашение предоставляет странам возможность самостоятельно определять национальные вклады и оказывает поддержку действий по сохранению и устойчивому управлению лесами, увеличению накопления углерода, подтверждая важность стимулирования низкоуглеродных выгод (статья 5 Парижского соглашения) [4].

В настоящий момент обязательства Республики Беларусь по Парижскому соглашению – к 2030 г. сократить выбросы ПГ на 28 % по сравнению с уровнем 1990 г. Обязательство не предполагает использование механизмов международного углеродного рынка и привлечение иностранных финансовых ресурсов для внедрения наилучших доступных технологий. [7] Следует отметить, что приведенный уровень выбросов не включает баланс выбросов и стоков ПГ в учетном секторе «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (далее – ЗИЗЛХ), что свидетельствует о недостаточности полученных данных и недостаточно разработанной методической базе для их определения [7, 8].

Выдвинутое условие выполнения добровольных обязательств требует взвешенной оценки углерододепонирующего потенциала лесов и пересмотра сложившихся о нем представлений [4]. В контексте Парижского соглашения проблема объективного и полного учета стоков углерода и углеродного бюджета лесов приобретает первостепенное значение [4].

Успешное выполнение Республикой Беларусь взятого обязательства в рамках Парижского соглашения во многом будет зависеть от принятия национальной политики в отношении изменения климата, которая определит правовые, институциональные основы климатического регулирования, разработки национальных сообщений об изменении климата, ведения государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителей ПГ (далее – кадастр), мониторинга климата, осуществления научных исследований и образовательных мероприятий в этой области [8].

Объекты и методы исследования. Начиная с 2006 г., в Республике Беларусь ежегодно проводится инвентаризация выбросов парниковых газов в рамках подготовки Государственного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов. Кадастр выбросов ПГ ведется в целях исполнения обязательств Республики Беларусь по РКИК ООН и последующего представления его в Секретариат Конвенции. Теоретическая и практическая значимость исследований состоит в том, что методология и практика инвентаризации парниковых газов, разработка научно обоснованного подхода к методам оценки объемов выбросов парниковых газов будут способствовать повышению качества их инвентаризации, совершенствованию и дальнейшему развитию методов оценки парниковых газов и повышению качества кадастра выбросов ПГ.

Инвентаризация выбросов ПГ представляет собой сбор, структурирование, анализ, обобщение и архивирование всех данных, необходимых для оценки или измерения фактических антропогенных выбросов ПГ от источников, включая подготовку методологического процесса проведения инвентаризации, находящихся в собственности у юридического лица [1].

В соответствии со своими полномочиями РУП «Бел НИЦ «Экология», на основании Приказа Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее – Минприроды) от 29 декабря 2005 г. № 417 «О центре инвентаризации парниковых газов», готовит запросы о предоставлении необходимой информации по установленной форме, которые, в свою очередь, Минприроды направляет в соответствующие органы государственного управления и иные организации. На основании полученных данных РУП «Бел НИЦ «Экология» разрабатывает ежегодный кадастр ПГ и другие документы, необходимые для предоставления в Секретариат РКИК ООН [9].

Государственный кадастр ПГ состоит из Национального доклада о государственном кадастре ПГ Республики Беларусь (далее – НДК) и таблиц общего формата данных для последующего представления в Секретариат РКИК ООН [9].

НДК Республики Беларусь перед отправкой в Секретариат РКИК ООН проверяется независимыми национальными экспертами, а также проходит контроль и одобрение различными органами Минприроды [9].

Инвентаризация ПГ Республики Беларусь осуществляется в соответствии с обновленными требованиями, изложенными в Руководящих принципах национальных инвентаризаций ПГ Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН (далее – МГЭИК) 2006 г. и при использовании обновленной версии программного обеспечения CRF Reporter [9].

Категории землепользования. В целях обеспечения прозрачности, сопоставимости и полноты охвата известных источников и поглотителей Руководящие принципы национальных инвентаризаций

ПГ МГЭИК выделяют следующие категории землепользования; также согласно национальному законодательству проведено сопоставление следующих земельных категорий МГЭИК и видов земель Республики Беларусь [15]:

– Лесные площади – лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями);

– Возделываемые земли – пахотные земли и земли под постоянными культурами;

– Пастбищные угодья – залежные земли и луговые земли;

– Водно-болотные угодья – земли под болотами и земли под водными объектами;

– Поселения – земли под дорогами и иными транспортными коммуникациями, земли общего пользования и земли под застройкой;

– Прочие земли – нарушенные земли, неиспользуемые земли и иные земли.

В изменении структуры земельных ресурсов Республики Беларусь по видам земель за последние 25 лет прослеживаются определенные тенденции. Наблюдается устойчивая многолетняя тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель и увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью (табл. 1). По данным на 01.01.2018 г. площадь лесных земель в республике составляет 42,3 % [14] и превышает площадь сельскохозяйственных земель на 1,4 %.

Каждая категория землепользования подразделяется на земли, остающиеся в той же категории (например, лесные площади, остающиеся лесными площадями) и земли, переустроенные из одной категории в другую (например, лесные площади, переустроенные в возделываемые земли). Страны могут выбрать дальнейшую стратификацию земель в каждой категории по климатическим и иным экологическим регионам в зависимости от выбранного метода и своих требований [16].

Категории земель, установленные в пределах Республики Беларусь, не имеют полного соответствия с категориями МГЭИК. Каждая категория земель Республики Беларусь в значительной степени отражает ведомственную принадлежность земель и включает в себя все виды земель.

Для проведения инвентаризации ПГ представление земельных площадей выполняется по подходу 2 с использованием классификации земель согласно Руководящим принципам [9].

Составной частью НДК является матрица преобразования земель, которая отражает изменения площадей лесных земель в результате естественного зарастания лесом и облесения сельскохозяйственных угодий, а также в результате обезлесения при строительстве объектов инфраструктуры [13].

В изменении структуры земельного фонда Республики Беларусь по видам земель за последние 20 лет прослеживаются определенные тенденции. Наблюдается устойчивая многолетняя тенденция сокращения площади сельскохозяйственных земель и увеличения площади, занятой лесными землями и землями под древесно-кустарниковой растительностью. Начиная с 2014 г. общая площадь лесных земель превышает площадь сельскохозяйственных земель. В 2017 г. площадь лесных земель в республике составляет 42,2 % и превышает площадь сельскохозяйственных земель на 1,1 % [17].

При подготовке кадастров для сектора ЗИЗЛХ выбросы и поглощения CO_2 и иных, чем CO_2 ПГ оцениваются отдельно для каждой категории землепользования [11].

Таблица 1. **Структура земельного фонда Республики Беларусь по видам земель и ее изменение за 1990–2017 гг.**

Table 1. **The structure of the land fund of the Republic of Belarus by land types and its change for 1990–2017**

Вид земель	Площадь, тыс. га							Изменение, %
	1990 г.	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	1990–2017 гг.
Всего сельскохозяйственные земли, в том числе:	9367,6	9349,9	9286,2	9076,3	8632,3	8581,9	8501,6	–9,24
возделываемые земли	6256,7	6375,5	6310,5	5667,1	5779,9	5790,6	5841,1	–6,64
пастбища	3110,9	2974,4	2975,7	3409,2	2852,4	2791,3	2660,5	–14,48
Лесные земли, всего	8192,7	8292,9	8255,0	8821,7	9423,4	9510,4	9606,0	17,25
Водно-болотные угодья	1467,1	1468,8	1455,8	1394,7	1309,4	1285,7	1273,4	–13,20
Поселения	939,5	904,3	851,6	843,1	888,4	888,7	880,5	–6,28
Прочие земли	793,1	744,1	911,4	624,0	506,5	493,3	498,5	–37,15
Общая площадь земель за каждый год, млн га	20 760							–

Выбросы и поглощение ПГ, подсчитанные для каждого конкретного вида землепользования, включают CO_2 (как изменения запасов углерода) от биомассы, мертвого органического вещества и почвы, а также иные, чем CO_2 выбросы от сжигания и, в зависимости от категории землепользования, выбросы от других специфичных источников [16].

На данный момент в кадастре представлены сведения об оценке изменения запасов углерода в древесной биомассе лесов; выбросы CO_2, CH_4, N_2O и NO_x от сжигания биомассы (на лесных землях), изменения запасов углерода в минеральных почвах лесов, изменения запасов углерода в валежной древесине и подстилке лесов; изменения запасов углерода в биомассе многолетних насаждений и органических почвах на возделываемых землях; косвенные выбросы N_2O из обрабатываемых почв [9].

Соответственно, в таблицах общего формата данных представлены следующие категории источников:

4.1 «Матрица преобразования землепользования»;

4.A.1 «Лесные земли, остающиеся лесными» (изменение запаса углерода в древесной биомассе, в валежной древесине, в подстилке, в минеральных почвах, выбросы в результате пожаров и контролируемого горения);

4.D.1 «Водно-болотные угодья, остающиеся водно-болотными угодьями (выбросы ПГ от разрабатываемых торфяных месторождений);

Также в кадастре ПГ Республики Беларусь представлена информация о выбросах ПГ на осушенных землях, используемых для сельского и лесного хозяйства [9].

Методы инвентаризации ПГ в секторе ЗИЗЛХ. В Руководящих принципах МГЭИК излагаются методологии для оценки изменений накопления углерода в двух основных пулах углерода: биомассе и органическом углероде почвы. В них упоминается мертвое органическое вещество как фактор, который следует учитывать в будущей работе по методам составления кадастров. В Марракешских договоренностях конкретно указывается, что должна представляться информация об изменениях накопления углерода в пяти пулах: надземная биомасса, подземная биомасса, подстилка, валежная древесина и органический углерод почвы. Уменьшения объема в одном пуле должны компенсироваться увеличениями в другом, например, пулы биомассы уменьшаются после возмущений, однако пулы подстилки и валежной древесины могут увеличиться. Таким образом, изменение в рамках одного пула может быть более значительным по сравнению с результирующим изменением в совокупности пулов [10].

По отношению к методам используется трехуровневый подход. В общем, переход к более высоким уровням повышает точность кадастра и снижает неопределенность, однако для более высоких уровней повышается также сложность и требуются большие ресурсы для составления кадастров. При необходимости может использоваться сочетание различных уровней, например, уровень 2 может использоваться для углерода биомассы, а уровень 1 – для углерода почвы.

Представленные в Руководящих принципах методы и данные сфокусированы на кадастрах с использованием уровня 1. Эти методы, в общем, применимы к кадастрам уровня 2, однако при этом представленные для уровня 1 данные по умолчанию частично или полностью заменяются национальными коэффициентами как часть оценки на уровне 2. Методы уровня 3 подробно не описываются, однако приводятся рекомендации [11].

Уровень 1. Методы этого уровня являются самыми простыми в использовании; соответствующие уравнения и значения параметров по умолчанию (например, коэффициенты выбросов и изменений запасов) представлены в Руководящих принципах. Необходимы данные о деятельности на национальном уровне, однако для уровня 1 часто имеются источники оценочных данных о деятельности глобального уровня (например, темпы обезлесения, статистические данные о сельскохозяйственном производстве, глобальные карты почвенно-растительного покрова и т. д.), хотя эти данные обычно отличаются грубым пространственным разрешением [11].

Уровень 2. В рамках этого уровня может использоваться тот же самый методологический подход, что и для уровня 1, но применяются коэффициенты выбросов и изменений запасов, основанные на данных для конкретной страны или конкретного района, для наиболее важных категорий землепользования. Для климатических районов и систем землепользования конкретной страны более подходящими являются коэффициенты выбросов, определенные самой этой страной. В рамках уровня 2 обычно используются более детализированные данные о деятельности с более высоким временным и пространственным разрешением, с тем, чтобы они соответствовали определенным страной национальным коэффициентам для конкретных районов и категорий специализированного землепользования [11].

Уровень 3. В рамках этого уровня используются методы более высокого порядка, включая модели и системы измерений для кадастров, адаптированные к конкретным национальным условиям, повторяющимся в ходе времени, а также применяются данные о деятельности высокого разрешения

и разукрупнение до масштабов субнационального уровня. Эти методы более высокого порядка позволяют получить оценочные значения с более высокой степенью достоверности, чем более низкие уровни. Такие системы могут включать в себя полные выборки на местах, повторяющиеся через регулярные интервалы времени и/или основанные на географических информационных системах данных о возрасте, классе/продуктивности, почвах, а также данных о деятельности в области землепользования и управления, в которых объединены результаты нескольких видов мониторинга. Участки земель, на которых происходит изменение землепользования, могут обычно контролироваться в ходе времени, по крайней мере статистически. В большинстве случаев такие системы зависят от климата и, соответственно, обеспечивают оценочные значения для того или иного источника с межгодовой изменчивостью. Модели должны пройти экспертизу, проверку достоверности и должны быть полностью задокументированы [11].

Согласно Руководящим указаниям МГЭИК оценку стоков углерода и углеродного бюджета для сектора ЗИЗЛХ проводят для «управляемых лесов». Методология МГЭИК выделяет «управляемые леса» как территорию, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательство с целью выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач [4].

В состав «управляемых лесов» Республики Беларусь, согласно НДК (2017) [9], входят все лесные земли.

Результаты и их обсуждение. Важным фактором, влияющим на расчетную величину накопления углерода лесами Беларуси, является выбор базового уравнения в расчетах: по разности запасов (как сейчас) или по среднему приросту запаса. Наставления МГЭИК допускают применение любого из расчетных методов, содержащихся в Руководящих указаниях, в зависимости от особенностей данных, имеющихся в распоряжении [4].

Оценку депонирования углерода в Беларуси проводили разные авторы. Их данные различаются, что связано как с особенностями методического подхода, так и с изменениями запаса древесины в лесном фонде с течением времени. Депонирование углерода в мертвой древесине, подстилке, почвах и болотами в литературе освещено недостаточно [12].

Оценка запасов углерода может быть проведена разными методами: по пробным площадям или по данным о запасах и приростах древесины и фитомассы по учетам лесного фонда. Использование данных учета лесного фонда позволяет получить результаты быстрее и с наименьшими затратами, а точность этого метода часто бывает даже выше, чем экстраполяция материалов пробных площадей за пределы исследованных пород, классов бонитета, возраста и полноты. Поэтому для расчетов запаса углерода в древесине и фитомассе насаждений применяется методика, неоднократно апробированная другими авторами, т. е. использование материалов учета лесного фонда [12].

Все расчеты по балансу углерода и кадастру ПГ в лесах Республики Беларусь осуществляются с большой относительной неопределенностью (более 50 %) и требуют дальнейших исследований [4].

В 2017 г. общая эмиссия парниковых газов в эквиваленте CO_2 без учета сектора ЗИЗЛХ составила 94118,86 Гг, что на 32,5 % ниже по сравнению с 1990 г. (139 408,26) и на 2,6 % выше по сравнению с 2016 г. (табл. 2).

За период 1990–2017 гг. выбросы диоксида углерода уменьшились на 40,0 %, закиси азота – на 12,5, выбросы метана – на 10,0 % [9].

Таблица 2. **Изменение эмиссии парниковых газов по секторам 1990–2017 гг., Гг экв. CO_2**

Table 2. **Change of greenhouse gas emission by sectors 1990–2017, Gg CO_2 eq.**

Сектор	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2015 г.	2017 г.	**Тренд 1990–2017 гг., %**	**Тренд 2016–2017 гг., %**
Энергетика	98 104,4	52 403,8	58 591,5	54 042,2	57 698,49	–41,19	2,98
Промышленные процессы и использование продуктов	6030,6	4418,2	6245,7	6442,1	6074,50	0,73	0,68
Сельское хозяйство	32 109,1	21 111,1	23 568,4	23 053,4	24 215,21	–24,58	2,49
Отходы	3029,9	3283,4	5841,6	6633,2	6130,66	93,75	1,17
Всего (без учета ЗИЗЛХ), Гг	**139 274,0**	**81 216,5**	**94 247,2**	**90 170,9**	**94 118,86**	**–32,49**	2,58
ЗИЗЛХ (нетто-стоки)	–21 104,9	–33 242,8	–40 126,4	–27 409,6	–13 300,71	–36,98	–39,27
Итого с учетом ЗИЗЛХ, Гг	**118 169,1**	**47 973,7**	**54 120,8**	**62 761,4**	**80 818,16**	**–31,69**	15,71

В 2017 г. выбросы сектора «Энергетика» составили 57 698,49 Гг в эквиваленте CO_2, или 61 % общих национальных выбросов без учета сектора «ЗИЗЛХ». В целом, выбросы в секторе «Энергетика» за период с 1990 по 2017 г. снизились на 41 %. Это вызвано преимущественно структурными изменениями в ВВП в связи с увеличением доли менее энергоемких отраслей, таких как услуги и торговля в 2017 г. по сравнению с 1990 г.; активным внедрением энергосберегающих технологий практически во всех отраслях; переходом от угля и мазута к природному газу в качестве топлива; более интенсивным использованием биомассы в коммунально-бытовой и производственной сферах.

Выбросы в секторе «Промышленные процессы и использование продуктов» составили 6074,5 Гг в эквиваленте CO_2. По сравнению с базовым годом выбросы от промышленных процессов увеличились на 0,7 %, по сравнению с 2016 г. они также увеличились на 0,7 %.

Выбросы в секторе «Сельское хозяйство» в 2017 г. составили 24 215,21 Гг в эквиваленте CO_2, что соответствует 25 % общих национальных выбросов без учета сектора «ЗИЗЛХ». Это второй сектор по величине выбросов парниковых газов. В то же время в 2017 г. выбросы этого сектора сократились на 26 % по сравнению с 1990 г. за счет снижения сельскохозяйственного производства. Однако, начиная с 2003 г., в данном секторе стали возрастать выбросы парниковых газов из-за наращивания объемов производства сельскохозяйственной продукции и увеличения объемов внесения азотистых удобрений в почву.

Выбросы ПГ от сектора «Отходы» составили 6,5 % в общих выбросах в 2017 г. и возросли за период 1990–2017 гг. на 94 % с 3164,24 Гг в эквиваленте CO_2 до 6130,66 Гг за счет увеличения выбросов метана от полигонов твердых коммунальных отходов. Выбросы ПГ в этом секторе в 2017 г. незначительно возросли – на 1,2 % по сравнению с 2016 г., что связано с увеличением производства отдельных видов продукции, и, соответственно, объема образовавшихся промышленных сточных вод.

В секторе «ЗИЗЛХ» наблюдается снижение нетто-стоков по сравнению с 1990 г. на 37 %, что связано, главным образом, с уменьшением живой биомассы в лесном фонде, а также с уменьшением запасов углерода в почвах и резким изменением запасов углерода в мертвой биомассе лесов (табл. 3).

Сектор ЗИЗЛХ является нетто-стоком ПГ в Республике Беларусь. Наибольший вклад в поглощение ПГ вносит категория 4.А «Лесные земли», в частности подкатегория 4.А.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями». Уменьшение поглощения на 27,33 % по сравнению с 1990 г. связано со значительным увеличением рубок в лесном секторе, а также с увеличением контролируемого сжигания биомассы. По сравнению с 2016 г. произошло уменьшение живой биомассы в лесном фонде Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на 11,83 %, что, в свою очередь, привело к резкому снижению поглощения ПГ.

В данной категории оценивалось изменение запаса углерода в древесной биомассе, валежной древесине, подстилке и минеральных почвах на покрытых лесом землях лесного фонда, выбросы ПГ от контролируемого сжигания и лесных пожаров. В настоящее время нет достаточных данных относительно биомассы земель, ежегодно переходящих в категорию покрытых лесом земель, все изменения запасов углерода в биомассе покрытых лесом земель оценивались в категории «Лесные земли, остающиеся лесными землями».

Оценка изменения запаса углерода в данной категории выполнялась в соответствии с Руководящими указаниями по эффективной практике для ЗИЗЛХ в рамках метода 1 (метод по умолчанию) с использованием национальных коэффициентов и с коэффициентами по умолчанию.

Таблица 3. **Выбросы и стоки ПГ в CO_2 экв. в секторе ЗИЗЛХ, Гг**

Table 3. **GHG emission and sinks in CO_2 eq. in LULUCF sector, Gg**

Год	Выбросы и стоки ПГ в CO_2 экв.			
	Баланс	4.А Лесные земли	4.В Возделываемые земли	4.D Водно-болотные угодья
1990	–21 104,96	–24 271,45	3117,00	49,50
1995	–28 909,51	–32 452,13	3509,55	33,07
2000	–33 242,76	–37 399,40	4137,28	19,36
2005	–29 144,17	–33 031,46	3873,43	13,86
2010	–40 126,39	–43 844,03	3707,70	9,94
2015	–27 409,57	–32 656,28	5239,59	7,11
2017	–13 300,71	–17 637,38	4327,11	9,57
Тренд 1990–2017, %	–36,98	–27,33	38,82	–80,67

Данные о площади лесов, породно-возрастном составе были получены на основе данных об инвентаризации лесов, проводимых в 1988, 1994, 2001 г. Данные о покрытой лесом площади за промежуточные годы получены методом интерполяции. Начиная с 2002 г., берутся из ежегодного государственного лесного кадастра. За период инвентаризации площадь покрытых лесом земель в республике увеличилась; при этом сохраняется тенденция увеличения количества приспевающих, спелых и перестойных лесов при снижении удельного веса молодняков.

Запас углерода в CO_2 эквиваленте в древесной биомассе на покрытых лесом землях в 2017 г. уменьшился по отношению к базовому году на 77,19 %, что в первую очередь связано с рекордным увеличением объемов рубок, а также гибели древостоя в 2017 г. от пожаров.

В категории 4.B «Возделываемые земли» рассматриваются земли под многолетними насаждениями и органические возделываемые почвы. В 2017 г. выбросы от Возделываемых почв увеличились на 38,8 % к уровню 1990 г., что связано с увеличением рубок многолетних насаждений, а также с увеличением площади органических почв в данной категории.

Исходные данные о площадях многолетних культур получены на основании данных предоставленных Государственным комитетом по имуществу за период с 1990 по 2017 г. При этом определяли суммарные площади многолетних культур и изменение этих площадей по сравнению с предыдущим годом. В случае сокращения площадей под многолетними насаждениями оценивали потери углерода в биомассе на этих площадях. На возделываемых площадях рассчитывали накопление углерода. Расчет изменения запаса углерода в надземной биомассе многолетних культур выполняли в соответствии с Руководящими принципами МГЭИК (2006 г.). Коэффициенты накопления углерода в растущей биомассе (2,1 т С $га^{-1}$ $год^{-1}$) и потери углерода при вырубке или гибели насаждений (63 т С/$га^{-1}$) взяты из таблицы 5.1 для умеренного климата [11].

Оценка изменения содержания углерода в минеральных почвах основана на изменениях в использовании земель и деятельности по управлению за 20-летний период.

В соответствии с Руководящими принципами запас углерода почв в год инвентаризации сравнивается с запасом углерода почв 20 лет до инвентаризации. Так как национальная статистика не располагает данными об изменениях в интенсивности использования сельскохозяйственных земель по типам почв, поэтому величины коэффициентов приняты постоянными и нетто-изменение равно нулю.

В категории 4.D «Водно-болотные угодья» рассматриваются земли, используемые для торфоразработок. В 2017 г. выбросы ПГ от разрабатываемых торфяных месторождений уменьшились на 80,67 % по отношению к 1990 г., что связано с сокращением разработки новых торфяных месторождений, а также с переводом выработанных месторождений в другие категории землепользования.

Выбросы CO_2 рассчитаны в соответствии с уровнем 1 Руководящих принципов МГЭИК [11]. Расчетные данные о площадях осушенных земель, используемых в сельском хозяйстве, предоставлены Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь.

Для территории Беларуси характерно наличие значительных площадей переувлажненных земель, которые до начала их мелиоративного освоения занимали 39 % территории республики. По состоянию на 1 января 2017 г. общая площадь осушенных сельскохозяйственных земель республики составляет 2871,7 тыс. га, из них возделываемых – 1423,4 тыс. га.

Следует отметить, что углеродный баланс лесов не является стабильным во временном аспекте, что связано с динамикой древесных запасов. В середине XX в. наблюдалась положительная их динамика, обусловленная расширенным лесоразведением (рост лесистости увеличился почти в 2 раза), преобладанием молодняков и средневозрастных лесов, отличающихся кульминацией текущего прироста и относительно невысоким размером древесинопользования [10].

В соответствии с утвержденными методологиями для источников/поглотителей ПГ с высокой степенью неопределенности (в частности, биогенные потоки ПГ) предусматривается консервативный подход, который заключается в занижении оценок для стоков и завышении для выбросов ПГ при высоких диапазонах разбросов исходных данных и/или пересчетных коэффициентов [13].

Для совершенствования инвентаризации в секторе ЗИЗЛХ необходимо выполнение таких работ, как:

– Разработка новых и совершенствование имеющихся методологий по расчету национальных коэффициентов выбросов;

– Сбор более точных и детальных сведений о категориях землепользования, и конверсии земель;

– Представление категорий землепользования в полном объеме;

– Сбор необходимых данных и выполнение оценки изменений содержания углерода в почвах для категорий Пастбища и Возделываемые земли;

– Совершенствование процедуры проверки и контроля качества, включая независимое рецензирование оценок выбросов ПГ;

– Более широкое привлечение специалистов лесного хозяйства для проведения исследований и разработок в этом секторе с учетом особенностей Республики Беларусь;

– Проведение оценки выбросов/стоков ПГ для категорий земель, переустраиваемых в иные категории;

– Расчет значений потоков ПГ в категории Водно-болотные угодья с использованием национальных коэффициентов [9];

– Проведение экспериментальных исследований по выбросам ПГ.

Заключение. Инвентаризацию ПГ необходимо регулярно проводить для того, чтобы иметь необходимые данные для осуществления полной оценки влияния на атмосферный воздух выбросов ПГ и озоноразрушающих веществ.

Сектор ЗИЗЛХ является нетто-стоком ПГ в Республике Беларусь. Наибольший вклад в поглощение ПГ вносит категория 4.А «Лесные земли», в частности подкатегория 4.А.1 «Лесные земли, остающиеся лесными землями».

В Секторе «ЗИЗЛХ» наблюдается снижение нетто-стоков по сравнению с 1990 г. на 37 %, что связано, главным образом, с уменьшением живой биомассы в лесном фонде, а также с уменьшением запасов углерода в почвах и резким изменением запасов углерода в мертвой биомассе лесов.

Поглощение CO_2 связано с накоплением углерода в биомассе, детрите и органическом веществе почв на лесных землях, а выбросы ПГ – с лесозаготовками, обезлесением, лесными пожарами и осушением лесных земель.

В дальнейшем в кадастре ПГ необходимо представление данных о выбросах/поглощениях ПГ в полном объеме, а также разработка национальных методик по оценке выбросов/поглощений ПГ и национальных коэффициентов выбросов.

Все методики численной оценки углеродного бюджета лесов строго следуют рекомендациям, изложенным в Руководящих указаниях МГЭИК. Рекомендации носят рамочный характер и оставляют достаточно большой простор странам в выборе конкретных способов расчета с учетом национальных условий и особенностей устоявшихся толкований определений и терминов. Кроме того, в Рекомендации регулярно вносят изменения [4].

Следует отметить, что данные инвентаризации ПГ являются основой для подготовки национальных сообщений и других отчетных документов Республики Беларусь для Секретариата РКИК ООН и Парижского соглашения, выполнения прогнозов выбросов ПГ разработки национальных программных и стратегических документов в области изменения климата [9].

Список использованных источников

1. Хамзина, Ш. Ш., Кадырова, М. С., Шереметьев, Д. В. Подходы к оценке и инвентаризации выбросов парниковых газов / Ш. Ш. Хамзина, М. С. Кадырова, Д. В. Шереметьев // Вестник КазНУ. Сер. экологическая. – 2013. – № 2/2 (38).– С. 384–387.

2. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата. – М., 1992. – 32 с.

3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. – М., 1997. – 30 с.

4. Филипчук, А. Н. Новые аспекты оценки поглощения парниковых газов лесами России в контексте Парижского соглашения об изменении климата [Электронный ресурс] / А. Н. Филипчук, Б. Н. Моисеев, Н. В. Малышева // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2017. – № 1. – С. 88–98. – Режим доступа: http://lhi.vniilm.ru/. – Дата доступа: 15.11.2018.

5. О принятии международного договора : Указ Президента Респ. Беларусь от 20.09.2016 г. № 345.

6. Paris Agreement – Status of Ratification. – Режим доступа : https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification. – Дата доступа: 02.08.2018.

7. Предполагаемые национально-определяемые вклады Республики Беларусь, согласно параграфам 13 и 14 решения 1/CP.20 Конференции Сторон РКИК ООН : письмо Мин-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды от 25.09.2015 г. №12-9-5/1455-вн. – 8 с.

8. Яцухно, В. М. Парижское соглашение по климату: задачи и перспективы для Республики Беларусь / В. М. Яцухно // Вестник БГУ. Сер. 1. – 2016. – № 1. – С. 90–92.

9. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2017 гг. – Минск : РУП «Бел НИЦ «Экология», 2018. – 220 с.

10. Рожков, Л. Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси / Л. Н. Рожков // Тр. БГТУ: Лесное хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 62–70.

11. МГЭИК 2006, Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов : Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов / Х. С. Игглестон, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара, К. Танабе // Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. – 2006. – Ч. 1. – Т. 4. – Япония : ИГЕС, 2006.

12. Депонирование и эмиссия углерода на землях лесного фонда в Республике Беларусь / А. В. Пугачевский, В. Ф. Багинский, С. М. Жданович, М. В. Ермохин, О. В. Лапицкая // Лесная таксация и лесоустройство. – 2010. № 2 (44). – Красноярск : Сибирский гос. технолог. ун-т, 2010. – С. 85–93.

13. Коротков, В. Н. Особенности учета выбросов и стоков парниковых газов при облесении, обезлесении и лесоуправлении в рамках отчетности по киотскому протоколу / В. Н. Коротков, А. А. Романовская // Тр. Санкт-Петербургского науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства. – 2013. – № 2. – СПб., 2013. – С. 12–15.

14. Инструкция о порядке заполнения формы ведомственной отчетности 22-зем «Отчет о наличии и распределении земель» : утв. Приказом Гос. комитета по имуществу Респ. Беларусь от 22.12.2017 г. № 268.

15. Кодекс Республики Беларусь о земле от 23 июля 2008 г. № 425-З. Принят Палатой представителей 17 июня 2008 г. Одобрен Советом Республики 28 июня 2008 г.

16. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2015 гг. – М., 2017. – Ч. 1. – 471 с.

17. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь: результаты наблюдений, 2016 год [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф. дан. (21 Мб). – Минск : Респ. центр по гидрометеорологии, контролю радиоакт. загрязнения и мониторингу окруж. среды, 2017. – С. 265–297.

References

1. Hamzina Sh. Sh., Kadyrova M. S., Sheremet'ev D. V. *Podhodyi k otsenke i inventarizatsii vyibrosov parnikovyih gazov* [Approaches to the assessment and inventory of greenhouse gas emissions]. *Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya = Bulletin of KazNU*. The series is ecological. No. 2/2 (38), 2013, pp. 384–387 (in Russian).

2. *Ramochnaya konventsiya Organizatsii Ob'edinennyih Natsiy ob izmenenii klimata* [United Nations Framework Convention on Climate Change]. Moscow, 1992, 32 p. (in Russian).

3. *Kiotskiy protokol k Ramochnoy konventsii Organizatsii Ob'edinennyih Natsiy ob izmenenii klimata* [Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change]. Moscow, 1997. 30 p. (in Russian).

4. Filipchuk A. N., Moiseev B. N., Malysheva N. V. Novyie aspektyi otsenki pogloscheniya parnikovyih gazov lesami Rossii v kontekste Parizhskogo soglasheniya ob izmenenii klimata [New aspects of assessing the absorption of greenhouse gases by Russia's forests in the context of the Paris Agreement on Climate Change]. *Lesohozyaystvennaya informatsiya = Forestry information*. 2017, no. 1, pp. 88–98. Available at: http://lhi.vniilm.ru/ (accessed 15 November 2018) (in Russian).

5. *Ukaz Prezidenta Respubliki Belarus № 345* "*O prinyatii mezhdunarodnogo dogovora*" *ot 20.09.2016 g.* [Decree of the President of the Republic of Belarus No. 345 "On the Adoption of an International Treaty" of September 20, 2016] (in Russian).

6. Paris Agreement – Status of Ratification. Available at: https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification (accessed 2 August 2018).

7. *Pismo ot 25.09.2015 № 12-9-5/1455-vn Ministerstva prirodnyih resursov i ohranyi okruzhayuschey sredyi* "*Predpolagaemyie natsionalno-opredelyaemyie vkladyi Respubliki Belarus, soglasno paragrafam 13 i 14 resheniya 1/SR.20 Konferentsii Storon RKIK OON*" [Letter No. 12-9-5 / 1455-nd of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection "Estimated nationally-defined contributions of the Republic of Belarus dated 12.29.2015, pursuant to paragraphs 1 and 12 of decision 1 / CP.20 of the Conference of the Parties to the UNFCCC"]. 8 p. (in Russian).

8. Jacuhno V. M. *Parizhskoe soglashenie po klimatu: zadachi i perspektivyi dlya Respubliki Belarus* [Paris Climate Agreement: Challenges and Prospects for the Republic of Belarus]. *Vestnik BGU = Bulletin of BSU*. Ser. 1, 2016, no, 1, pp. 90–92 (in Russian).

9. *Natsionalnyiy doklad o kadastre antropogennyih vyibrosov iz istochnikov i absorbtsii poglotitelyami parnikovyih gazov, ne reguliruemyih Monrealskim protokolom za 1990–2017 gg.* [National inventory report of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for the period of 1990–2017] RUE "Bel SRC" Ecology ", Minsk, 2018, 220 p. (in Russian).

10. Rozhkov L. N. *Metodicheskie podhodyi rascheta uglerodnyih pulov v lesah Belarusi* [Methodical approaches to the calculation of carbon pools in the forests of Belarus]. *Trudyi BGTU. Lesnoe hozyaystvo* [Proceedings of BSTU. Forestry]. 2011, no. 1, pp. 62–70 (in Russian).

11. *MGEIK 2006, Rukovodyaschie printsipyi natsionalnyih inventarizatsiy parnikovyih gazov* [IPCC, 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories]. *Podgotovleno Programmoy MGEIK po natsionalnyim kadastram parnikovyih gazov* [Prepared by the IPCC Program on National Greenhouse Gas Inventories]. Iggleston H. S., Buendia L., Miva K., Ngara T. and Tanabe K. (editors). *Selskoe hozyaystvo, lesnoe hozyaystvo i drugie vidyi zemlepolzovaniya = Agriculture, forestry and other land uses*, vol. 4, part 1, Japan, IHEES Publ., 2006 (in Russian).

12. Pugachevskij A. V., Baginskij V. F., Zhdanovich S. M., Ermohin M. V., Lapickaja O. V. *Deponirovanie i emissiya ugleroda na zemlyah lesnogo fonda v Respublike Belarus* [Carbon deposition and emission on the lands of the forest fund in the Republic of Belarus]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo = Forest taxation and forest inventory*. No. 2 (44), Krasnoyarsk, Siberian State Technological University Publ., 2010, pp. 85–93 (in Russian).

13. Korotkov V. N., Romanovskaja A. A. Osobennosti ucheta vyibrosov i stokov parnikovyih gazov pri oblesenii, obezlesenii i lesoupravlenii v ramkah otchetnosti po kiotskomu protokolu [Peculiarities of accounting for greenhouse gas emissions and sinks in afforestation, deforestation and forest management within the framework of reporting under the Kyoto Protocol]. *Trudyi Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatelskogo instituta lesnogo hozyaystva* [Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry]. No. 2, St. Petersburg, 2013, pp. 12–15 (in Russian).

14. *Instruktsiya o poryadke zapolneniya formyi vedomstvennoy otchetnosti 22-zem* "*Otchet o nalichii i raspredelenii zemel*" [Instruction on the procedure for filling out the form of departmental reporting 22-zem "Report on the availability and distribution of land"]. Utverzhdena Prikazom Gosudarstvennogo komiteta po imuschestvu Respubliki Belarus ot 22.12.2017 g. [Approved by Order of the State Property Committee of the Republic of Belarus of December 22, 2017], no. 268 (in Russian).

15. Kodeks Respubliki Belarus o zemle ot 23 iyulya 2008 g. [The Land Code of the Republic of Belarus of July 23, 2008], no. 425-3. *Prinyat Palatoy predstaviteley 17 iyunya 2008 goda. Odobren Sovetom Respubliki 28 iyunya 2008 goda* [Adopted by the House of Representatives on June 17, 2008. Approved by the Council of the Republic on June 28, 2008] (in Russian).

16. *Natsionalnyiy doklad o kadastre antropogennyih vyibrosov iz istochnikov i absorbtsii poglotitelyami parnikovyih gazov, ne reguliruemyih Monrealskim protokolom za 1990–2015 gg.* [National inventory report of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for the period of 1990–2015]. Part 1, Moscow, 2017, 471 p. (in Russian).

17. *Natsionalnaya sistema monitoringa okruzhayuschey sredyi v Respublike Belarus: rezultatyi nablyudeniy, 2016 god* [National environmental monitoring system in the Republic of Belarus: Observation results], 2016. *Elektron. tekstovyie, graf. dan.* [Electron. text, graph. date (21 Mb)]. Minsk, the Republican Center for Hydrometeorology, radioactive contamination control and environmental monitoring Publ., 2017, pp. 265–297 (in Russian).

Информация об авторах

Конькова Виктория Михайловна – аспирант, мл. науч. сотрудник, Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, РУП «Белорусский научно-исследовательский Центр «Экология» (ул. Г. Якубова, 76, 220095 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: konkowa_wiktorija@mail.ru

Наркевич Иван Петрович – доцент, д-р техн. наук, Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, РУП «Белорусский научно-исследовательский Центр «Экология» (ул. Г. Якубова, 76, 220095 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ivan.narkevitch@mail.ru

Information about the authors

Viktoryia M. Kankova – Graduate Student, Junior Research, International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Scientific-Research Center "Ecology" (76, G. Yakubova st., Minsk, 220095, Republic of Belarus). E-mail: konkowa_wiktorija@mail.ru

Ivan P. Narkevitch – Associate Professor, D.Cs. (Technical), International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Scientific-Research Center "Ecology" (76, G. Yakubova st., Minsk, 220095, Republic of Belarus). E-mail: ivan.narkevitch@mail.ru

УДК 504.06(476)

Поступила в редакцию 12.10.2018
Received 12.10.2018

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ: МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

М. И. Струк[1], Т. Г. Флерко[2]

[1]Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь;
[2]Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Беларусь

Аннотация. Приведена методика оценки природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений, предусматривающая использование трех оценочных критериев: высотного положения, плодородия почв, а также УГВ применительно к поселениям различной величины, типам ландшафта и административным районам.

Показана зависимость размещения сельских поселений Гомельской области от природно-ландшафтных условий ее территории, которая проявляется в увеличении людности и густоты этих поселений, а также плотности сельского населения по мере роста показателей абсолютной высоты местности, плодородия почв и защищенности грунтовых вод.

Выполнено ранжирование ландшафтов различного типа по степени благоприятности условий размещения сельских поселений. Установлено, что наилучшие условия подобного рода представляют средневысотные ландшафты, преимущественно за счет более высокого почвенного плодородия; далее следуют возвышенные и затем низинные ландшафты. Выявлен существенный разброс показателей, характеризующих высотное положение, плодородие почв и защищенность грунтовых вод конкретных поселений внутри ландшафтов одного и того же типа, что обусловливает необходимость индивидуального подхода к их оценке.

На территории исследуемой области выделены три сравнительно компактных ареала по степени благоприятности природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений: северо-восточный с наиболее благоприятными и благоприятными, центральный с преимущественно умеренно благоприятными и юго-западный с преимущественно менее благоприятными условиями, что согласуется с ее ландшафтным строением.

Ключевые слова: сельские поселения; природно-ландшафтные условия; размещение поселений; высотное положение; защищенность грунтовых вод; плодородие почв.

Для цитирования. Струк М. И., Флерко Т. Г. Оценка природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений Гомельской области: методика и результаты // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 56–71.

THE NATURAL AND LANDSCAPE CONDITIONS ESTIMATION FOR THE LOCATION OF THE RURAL SETTLEMENTS OF GOMEL REGION: METHODS AND RESULTS

M. I. Struk[1], T. G. Flerko[2]

[1]Institute for Nature Management of National Academy of the Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;
[2]Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus

Abstract. The estimation procedure of natural-landscape conditions for location of rural settlements, using three criteria: altitude, soil fertility and groundwater table with respect to sizes of settlements, landscape types and administrative areas is given.

Gomel region rural settlements location greatly depends on nature-landscape conditions. As the absolute altitude, soil fertility and groundwater protection level grow, it influences on density of rural population and settlements, as well as on the number of the inhabitants of each settlement.

Different types of landscape have been ranged under the convenience for rural settlements location. It's noticed, that the best conditions for that are provided basically by middle-altitude landscapes due to their better soil fertility. Under that conditions, highlands are worse and low-altitude areas are the worst. Some great scatter in the parameters of altitude, soils and groundwater level of equal landscape types was found, which allows to apply individual approach to the research.

On the investigated territory there are three compact areas for rural settlements under conditions for living: north-east with best and favorable conditions, central with moderate conditions and south-west with less favorable conditions. This gradation strictly depends on the landscape structure of the territory.

Keywords: rural settlements; nature-landscape conditions; settlement location; highlands; groundwater protection; soil fertility.

For citation. Struk M. I., Flerko T. G. The natural and landscape conditions estimation for the location of the rural settlements of Gomel region: methods and results. *Nature Management.* 2018. no. 2, pp. 56–71.

Введение. Сельские поселения являются неотъемлемой составной частью системы расселения страны. Поэтому планирование их развития должно соответствовать общим для всей системы требованиям. Ключевым из таковых в настоящее время является требование перехода к устойчивому развитию. Подобный переход предполагает повышение роли экологических интересов общества, их сбалансированное сочетание с экономическими и социальными.

При выделении экологических интересов применительно к сельскому расселению следует принимать во внимание также его роль в природопользовании. Сельские поселения выступают не только как места проживания населения и источник воздействий на окружающую среду, но и оказывают влияние на использование природных ресурсов, в первую очередь земельных. Они являются своего рода центрами, внутри и особенно вокруг которых размещаются сельскохозяйственные угодья.

К числу ведущих факторов, определяющих экологические характеристики сельских поселений, связанные с риском загрязнения окружающей среды и использованием местных земельных ресурсов, относятся природно-ландшафтные условия их размещения. Отсюда важность их оценки для планирования деятельности по оптимизации этих поселений.

К настоящему времени накоплен определенный опыт оценочных исследований подобного рода. Они затрагивают довольно продолжительный промежуток времени и имеют широкий пространственный охват. Их начало приходится на 1970-е годы, затем такие исследования продолжились в последующие десятилетия, включая текущее. Предметом изучения выступала преимущественно зависимость характера сельского расселения и планировочной организации сельских поселений от ландшафтных условий территории. Рассматривались также вопросы селитебной нагрузки на ландшафты и загрязнения почв.

Ландшафтные исследования сельского расселения проводились применительно к территории России, включая ее равнинные (Волошенко, 1977, Кошкин, 2007, Ларина, 2009, Панков, 2010, Алексеенко, 2013, Сафронова, 2016) [1–6] и горные (Атаев, 2012, Мамонов, 2014) [7, 8] части; Литвы (Кудиркене, 1973) [9]; Украины (Куница, 1986) [10]; Грузии (Элизбарашвили, 2006) [11]; Азербайджана (Гасанилиева, 2015) [12]. По отношению к территории Беларуси, в том числе Полесскому региону, подобные работы выполнялись в 1960–80-е годы Н. К. Клицуновой (1969, 1974, 1980) [13–15].

Для изучаемого региона Беларуси – Гомельской области, проводилось специальное исследование по выявлению современной ландшафтной организации системы сельского расселения (Флерко, 2008) [16]. Оно показало наличие существенных различий в численности и плотности сельского населения и сельских поселений между разными типами ландшафтов.

Полученные результаты важны для понимания роли природно-ландшафтного фактора в размещении сельского населения. Вместе с тем они нуждаются в развитии, включая методическое обеспечение исследования. В данном случае имеет значение выявление присущих сельским поселениям конкретных природно-ландшафтных свойств, которые оказывают влияние на пространственное распределение этих поселений и определяют их экологические характеристики. К числу таких свойств, которые одновременно выступают оценочными критериями, отнесены, во-первых, высотное положение сельских поселений, во-вторых, защищенность грунтовых вод и, в-третьих, характер почвенного покрова в их пределах.

Цель и задачи. Цель исследования – оценить природно-ландшафтные условия размещения сельских поселений Гомельской области. Для ее достижения последовательно решались задачи по разработке методики данной оценки и получения с ее использованием частных оценок по приведенным выше критериям, а также результирующей интегральной оценки.

Методика оценки. Природный ландшафт – это комплексная географическая единица дифференциации территории, которая отражает совокупность присущих ей разнородных свойств, включая разнообразные характеристики образующих ландшафт природных компонентов и связей между ними. Данная единица составляет основу экологических исследований различной направленности. При этом, в зависимости от решаемых задач, внимание акцентируется на тех или иных свойствах ландшафта. Применительно к сельским поселениям к числу основных из них следует отнести, во-первых, высотное положение этих поселений, во-вторых, естественную защищенность грунтовых вод, в-третьих, характер почвенного покрова на занимаемой ими территории.

Высотное положение населенных пунктов является особенно значимым для горных территорий, где существуют предельные для жизни и хозяйственной деятельности людей высоты. По отношению к равнинным территориям таких пределов не имеется. Вместе с тем и для них высотный показатель имеет значение. В частности, поселения, которые занимают пониженные части этих территорий, в большей мере окажутся подвержены воздействиям таких опасных природных явлений, как наводнения и паводки.

Кроме того, с гипсометрическим уровнем поселений связана также глубина залегания грунтовых вод. Рассматриваемая территория Гомельской области размещается в пределах Полесской низменности и примыкающих к ней равнин. Ей присущи риски, связанные с наводнениями и паводками, а также близкое к поверхности залегание грунтовых вод. Поэтому для данной территории можно выделить прямую зависимость степени благоприятности размещения сельских поселений от их высотного положения, она будет улучшаться по мере его увеличения.

При наличии в целом связи между глубиной залегания грунтовых вод и абсолютной высотой местности, внутри территории имеются факторы, осложняющие данную связь. К таковым относится, в частности, общий уклон местности, из-за чего на отдельных ее участках с более высоким гипсометрическим положением будет отмечаться меньшая глубина залегания грунтовых вод, нежели на таковых с менее высоким положением. Отсюда возникает необходимость самостоятельного изучения уровня грунтовых вод сельских поселений. Степень благоприятности их размещения по данному критерию, аналогично высотному положению, будет увеличиваться по мере повышения данного уровня.

Важность учета почвенного покрова сельских поселений при оценке условий их размещения следует, прежде всего, из наличия в их составе приусадебных земель, плодородие которых будет определяться его характером. Чем плодородие выше, тем лучше отмеченные условия.

Для проведения оценки по каждому из приведенных критериев нужен набор соответствующих показателей. По отношению к высотному положению сельских поселений использовался показатель средней высоты местности, которую они занимают. Он определялся по топографической карте М 1 : 100 000 [17]. После этого проводилось ранжирование рассматриваемых поселений по данному критерию с выделением трех их групп: с наиболее благоприятными условиями, с умеренно благоприятными условиями и с менее благоприятными условиями. Оно затрагивало как весь набор поселений, так и с учетом их величины. Аналогичная группировка применялась и применительно к двум другим критериям – естественной защищенности грунтовых вод и характеру почвенного покрова.

Естественная защищенность грунтовых вод определяется сочетанием таких показателей, как глубина их залегания (мощность зоны аэрации) и литологический состав слагающих ее пород [18]. Выделены три категории подобного рода защищенности: незащищенные (до 2 м, песок), слабо защищенные (2–5 м, песок и супесь), условно защищенные (более 5 м, супесь и суглинок). Соответствующие им условия размещения сельских поселений по данному критерию определены в первом случае как менее благоприятные, во втором – как умеренно благоприятные и в третьем – как наиболее благоприятные.

Источниками информации выступили карты глубин залегания грунтовых вод на территории Гомельской области и их защищенности (составители В. Г. Жогло, А. В. Ковалева, А. А. Алешко, Л. П. Зубок) масштабов 1 : 200 000 и 1 : 500 000 [19, 20]. При этом учитывалась глубина залегания грунтовых вод, преобладающая на большей части населенного пункта и данный показатель определялся как ведущий.

Плодородие почв сельских поселений в рамках действующей в стране системы оценки качества земель не определяется. Данная система ориентирована на земли сельскохозяйственных организаций. Соответственно, искомая оценка может быть получена косвенным способом, исходя из характера почвенного покрова поселений. Для этого необходимо вначале определить существующие между почвами разного типа и гранулометрического состава различия в их естественном плодородии.

Исходными данными применительно к выявлению подобного рода различий выступили материалы первого тура бонитировки почв сельскохозяйственных организаций Беларуси [21]. Он проводился в начале 1970-х годов, когда применение удобрений было относительно невысоким и численные значения бонитета почв в большей мере отражали их естественное плодородие.

Выполнены расчеты, обобщающие приведенные количественные показатели бонитета почв по отношению к почвам разного типа и гранулометрического состава с учетом различий в климатических условиях года (табл. 1). Полученные величины показывают существенную разницу в их плодородии по обоим классификационным признакам. По типу почв они снижаются от 79 до 35 баллов в последовательности: дерново-карбонатные – торфяно-болотные – дерновые и дерново-карбонатные заболоченные – дерново-подзолистые – дерново-подзолистые заболоченные. По гранулометрическому составу – от 68 до 36 баллов они уменьшаются в последовательности: суглинистые – супесчаные – песчаные. Кроме того, песчаные почвы наряду с самым низким плодородием характеризуются также минимальной способностью к удержанию гумуса и высокой проницаемостью для проникновения загрязняющих веществ в грунтовые воды. Они же являются наиболее уязвимыми к засухам.

Таблица 1. **Пахотные почвы Беларуси (по данным: Почвы Белорусской ССР…, 1974) [21], оценочный балл**

Table 1. **Arable soils of Belarus (by data: Soils of Belorussian SSR…, 1974) [21], evaluated score**

Тип почв	Гранулометрический состав почв			Среднее значение
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
Дерново-карбонатные	97	82	57	79
Дерновые и дерново-карбонатные заболоченные	65	52	41	53
Дерново-подзолистые	65	50	21	45
Дерново-подзолистые заболоченные	45	36	24	35
Среднее значение:	68	55	36	53
Торфяно-болотные	–	–	–	66

Приведенная последовательность изменения плодородия почв определяет степень благоприятности размещения сельских поселений по данному критерию. Источником информации по характеру почвенного покрова рассматриваемых поселений Гомельской области выступили почвенные карты административных районов масштаба 1 : 50 000 и отдельных сельскохозяйственных организаций масштаба 1 : 10 000.

Оценка условий размещения сельских поселений по каждому из трех выбранных критериев проводилась по трем направлениям: во-первых, применительно к поселениям различной величины, во-вторых, к различным типам ландшафтов и, в-третьих, к различным районам. Первое из них должно отразить влияние высоты местности, уровня грунтовых вод и характера почвенного покрова не только на размещение, но и на величину поселений, второе – на пригодность того или иного типа ландшафта для их размещения, третье – на степень благоприятности такого размещения в административном районе.

Наряду с определением условий размещения поселений по отдельным критериям выполнялась также их обобщающая оценка по совокупности данных критериев. Она выполнялась по тем же трем направлениям. Для получения интегрального критерия использовался методический прием расчета индексов, который выполнялся как отношение количественного значения соответствующего показателя в рассматриваемой группе поселений к его средней величине в регионе. Затем полученные частные индексы суммировались.

Для отражения пространственных особенностей природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений строились соответствующие картосхемы применительно к административным районам как низовой единице территориального управления. Они затрагивали как частные критерии, так и интегральный.

Высотное положение. На высотное положение территории Гомельской области оказывают влияние два основных фактора, которые обусловливают широкое распространение здесь низменностей. Один из них касается ее ландшафтного строения – размещения большей части территории в пределах Полесской провинции аллювиальных террасированных низин и вторичных водно-ледниковых равнин и частично (северо-восточные районы) Предполесской провинции вторичных водно-ледниковых и морено-зандровых равнин.

Второй фактор связан с расположением в пределах рассматриваемой территории четырех крупнейших рек Беларуси с их долинами. Это Днепр и его притоки – Припять, Березина, Сож. Данная речная система в решающей мере определяет пространственные различия в гипсометрическом уровне территории Гомельской области.

Абсолютные высоты местности в пределах указанной территории колеблются в диапазоне 103–221 м с общим уклоном в юго-восточном направлении. На преобладающей ее части, составляющей 92 %, распространен низинный рельеф с отметками высот до 150 м.

По высотному положению территории рассматриваемую область можно разделить на четыре ареала. Два из них занимают более высокий гипсометрический уровень (преимущественно 140–160 м), третий – средний по высоте (преимущественно 130–150 м) и четвертый – низкий (меньше 130 м).

Один из ареалов с высоким гипсометрическим уровнем располагается в северо востчной части области, главным образом по левобережью Днепра, второй – в юго-западной, по правобережью Припяти. Ареал со средним по высоте гипсометрическим уровнем находится в центральной части области между Днепром и Припятью, и с низким уровнем – приурочен к долинам Днепра, Припяти, Сожа и примыкающим к ним территориям.

Средняя абсолютная высота сельских поселений Гомельской области составляет 138 м. Размещаются они практически на всех высотных уровнях (табл. 2). При этом преобладающая их часть (83,4 %), так же, как и сельского населения (84,4 %), находится в пределах абсолютных высот – 120–150 м.

Таблица 2. **Распределение сельского населения и поселений Гомельской области относительно абсолютных высот местности**

Table 2. **Allocation of the rural population and rural settlements of Gomel region under the absolute altitude of the area**

Высота, м	Площадь ареалов высот, %	Население, %	Доля населенных пунктов, %	Плотность населения, чел/км^2	Густота населенных пунктов, ед. на 100 км^2	Людность сельских поселений, человек
100,0–110,0	2,8	0,6	1,4	2	3	71
110,1–120,0	11,8	6,6	7,8	5	4	135
120,1–130,0	22,5	25,0	21,1	11	6	188
130,1–140,0	34,6	35,0	31,4	10	6	177
140,1–150,0	20,4	24,4	30,9	12	9	125
150,1–160,0	7,1	4,9	5,9	7	5	134
160,1–170,0	0,7	2,5	1,3	33	11	302
Более 170,0	0,1	0,9	0,3	74	15	508
Всего:	100,0	100,0	100,0	10	6	159
Коэффициент корреляции	–0,32	–0,19	–0,19	0,76	0,86	0,77

Отмечается положительная корреляционная зависимость между высотой местности и густотой поселений (0,86), их людностью (0,77) и плотностью сельского населения (0,76). Выделяются три высотных уровня, которые заметно отличаются количественными значениями соответствующих показателей – от минимальных к средним и максимальным. По отношению к плотности населения и поселений первый из них находится на отметках 100–120 м, второй – 120–160, третий – свыше 160 м.

Исключение составляет высотный ярус 150–160 м, где наблюдается снижение всех показателей, характерных для второго уровня высот. В значительной мере это обусловлено преимущественным размещением территорий с данными отметками высот в юго-восточной и восточной частях области, которые являются наиболее пострадавшими в результате аварии на Чернобыльской АЭС и откуда произведено отселение населения.

Применительно к людности сельских поселений минимальные величины отмечаются для более низкого гипсометрического уровня – 100–110 м. При этом контрастность между минимальными, средними и максимальными значениями показателей на различных высотных уровнях в данном случае выше.

При распределении поселений различной величины по рассматриваемым высотным уровням для всех их категорий: малые (с численностью населения до 100 чел.), средние (101–500), большие (501–1000), крупные (более 1000 чел.) прослеживается преобладание размещения на высоте 120–160 м (табл. 3). В данном высотном диапазоне сосредоточено от 83 % средних поселений до 91–94 % малых больших и крупных. Одновременно по мере роста величины поселений имеет место последовательное снижение доли низшего высотного уровня их размещения – от 4,2 % для категории малых до 3,4 % – средних, 1,2 % – больших и отсутствия крупных.

На высотное положение сельских поселений оказывает влияние ландшафтное строение занимаемых ими территорий. Поэтому пространственное распределение этих поселений по различным высотным уровням будет зависеть от данного строения. Для определения подобного рода положения в ландшафтной структуре Гомельской области выполнены соответствующие расчеты применительно к родам ландшафтов.

В рассматриваемом случае средняя абсолютная высота сельских поселений последовательно возрастает от низинных ландшафтов к средневысотным на 12 м и от средневысотных к возвышенным – на 16 м (табл. 4). Внутригрупповые различия данного показателя существенно меньше, составляя 5–6 м. В то же время разница в абсолютных показателях минимальных и максимальных высот поселений в пределах одного и того же рода ландшафтов довольно значительна и доходит до 60 м.

Соответственно, принадлежность сельских поселений к определенному типу ландшафта можно рассматривать в качестве индикатора их высотного положения только применительно ко всей совокупности данных поселений. При рассмотрении конкретных населенных пунктов это положение должно уточняться индивидуально.

Для оценки высотного положения сельских поселений применительно к территории административных районов рассчитывались показатели их средней абсолютной высоты. Затем, опираясь на полученные данные, проведено соответствующее ранжирование районов. В группу районов с менее благоприятными по высотному положению условиями размещения сельских поселений отнесены таковые, где средняя абсолютная высота не превышает 130 м; с умеренно благоприятными – 130–140; благоприятными – 140–150; наиболее благоприятными – свыше 150 м (рис. 1).

Таблица 3. **Распределение сельских поселений различной величины Гомельской области по высотным уровням**

Table 3. **Allocation of the rural settlements of the different sizes of Gomel region under absolute altitude levels**

Высота, м	Сельские поселения, %			
	малые	средние	большие	крупные
100,0–120,0	4,2	3,4	1,2	–
120,1–160,0	91,2	83,4	93,5	92,0
Более 160,0	4,6	13,2	5,4	8,0

Таблица 4. **Абсолютная высота ландшафтов сельских поселений Гомельской области**

Table 4. **Absolute landscape altitude of Gomel region rural settlements**

Род ландшафтов	Абсолютная высота местности, м		
	средняя	минимальная	максимальная
Возвышенные	**159**	**140**	**200**
Холмисто-моренно-эрозионный	159	140	200
Средневысотные	**143**	**120**	**177**
Вторично-моренный	147	130	177
Моренно-зандровый	142	130	176
Вторичный водно-ледниковый	141	120	174
Низинные	**131**	**106**	**165**
Аллювиально-террасированный	130	106	166
Озерно-аллювиальный	132	117	160
Пойменный	131	107	150
Озерно-болотный	135	110	165
Ландшафты речных долин	128	109	150

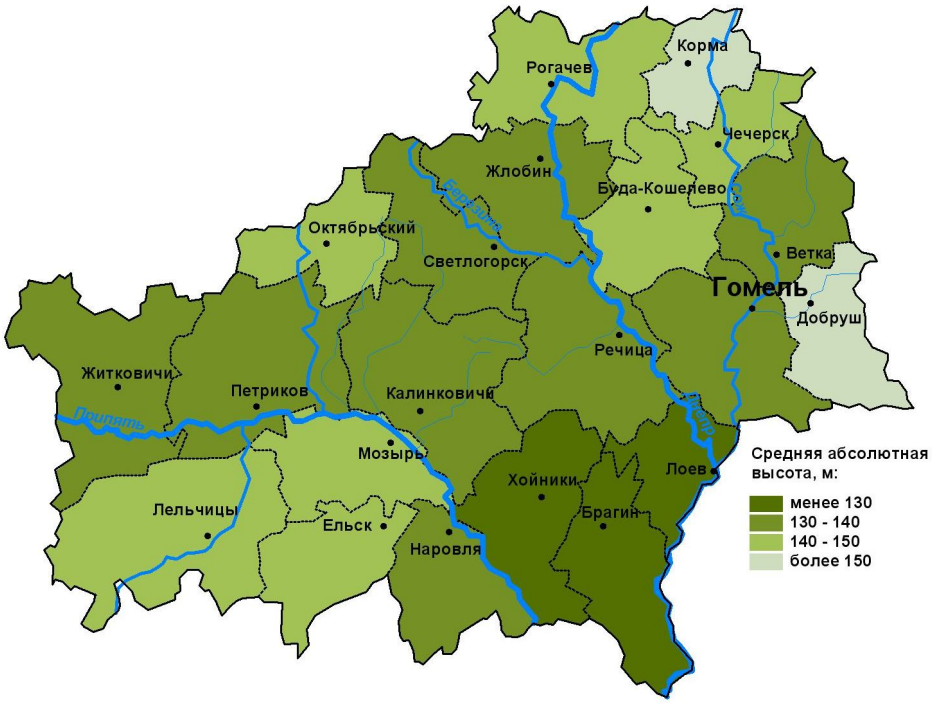


Рис. 1. Ранжирование районов Гомельской области по высотному положению сельских поселений

Fig. 1. Range of Gomel region districts under the absolute altitude of rural settlements

В размещении районов различных групп заметно влияние крупнейших рек. Районы, по которым они протекают, имеют более низкие отметки высотного положения сельских поселений. В районах, удаленных от этих рек, такие отметки повышаются.

Почвенные условия. Почвенный покров Гомельской области отличается значительным разнообразием, которое обусловлено сложным составом покровных отложений и изменчивостью условий увлажнения. В его структуре ведущее положение занимают дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы. Их совместное распространение охватывает почти 2/3 территории – 41 и 22 % соответственно [22]. Оставшаяся часть приходится на торфяно-болотные – 14 %, дерново-карбонатные и дерновые заболоченные – 11, аллювиальные дерновые и дерново-заболоченные – 10 и аллювиальные торфяные почвы – 2 %.

По степени увлажнения прослеживается преобладание почв с избыточным увлажнением – полугидроморфных, гидроморфных и в разной степени переувлажненных над автоморфными. Так, доля первых из них составляет 58 %, вторых – 42 %.

В составе почвообразующих пород основное значение принадлежит аллювиальным пескам, в меньшей мере – супесям и торфяным отложениям [23]. Суглинки имеют небольшое распространение. Плодородие почв, как было показано выше, зависит от их типа и гранулометрического состава. Следовательно, оба этих критерия могут использоваться для его оценки. По отношению к изучаемому объекту – сельским поселениям – более предпочтительным представляется второй из них. Связано это с тем, что гранулометрический состав почв отражает не только их плодородие, но и такие важные характеристики, как способность почв к сохранению гумуса, устойчивость к засухам, проницаемость для проникновения загрязняющих веществ в грунтовые воды.

Для определения влияния почвенного фактора на величину сельских поселений выполнено сопоставление гранулометрического состава почв по отношению к таковым различной величины (табл. 5). В данном случае прослеживается тенденция к уменьшению распространения песчаных почв по мере ее повышения. Если доля малых и средних поселений с такими почвами составляет примерно 65 %, то к большим она уменьшается до 57, а крупным – 45 %. Одновременно в той же последовательности растет доля поселений с более плодородными супесчаными и суглинистыми почвами, что можно рассматривать как признак того, что почвенное плодородие оказывает влияние на величину сельских поселений.

В распределении гранулометрического состава почв сельских поселений прослеживается зависимость от ландшафтных условий их размещения. Минимальные показатели доли песчаных почв отмечаются в поселениях, относящихся к группе средневысотных ландшафтов, где она составляет немногим более половины от их общего числа (табл. 6). Внутри данной группы самый низкий подобный показатель имеет вторично-моренный ландшафт, в котором песчаные почвы приходятся лишь на 1/3 поселений, в то время как остальные 2/3 характеризуются суглинистым составом.

Значительно более высокие показатели доли песчаных почв имеют поселения, которые располагаются в пределах возвышенных и низинных ландшафтов – более 80 %. Соответственно, степень благоприятности размещения этих поселений по критерию почвенного плодородия будет улучшаться от возвышенных к низинным и средневысотным ландшафтам.

В то же время по отношению к конкретным поселениям гранулометрический состав почв следует уточнять индивидуально, поскольку внутри каждого ландшафтного типа он может быть различным.

Таблица 5. **Распределение сельских поселений различной величины Гомельской области по гранулометрическому составу почв**

Table 5. **Allocation of Gomel region rural settlements of different sizes under granulometric soil composition**

Гранулометрический состав почв	Сельские поселения, %			
	малые	средние	большие	крупные
Песчаные	65,5	65,0	56,6	45,1
Супесчаные	34,0	32,7	42,8	51,0
Суглинистые	0,5	2,3	0,6	3,9

Таблица 6. **Гранулометрический состав почв ландшафтов сельских поселений Гомельской области, %**

Table 6. **Soil grading of the landscapes of Gomel region rural settlements, %**

Род ландшафтов	Гранулометрический состав почв, %		
	песчаные	супесчаные	суглинистые
Возвышенные	**85,7**	**14,3**	–
Холмисто-моренно-эрозионный	85,7	14,3	–
Средневысотные	**53,4**	**46,1**	**0,4**
Вторично-моренный	35,2	64,8	–
Моренно-зандровый	55,3	44,6	0,1
Вторичный водно-ледниковый	60,8	38,3	0,9
Низинные	**80,1**	**17,9**	**1,9**
Аллювиально-террасированный	72,5	24,6	2,9
Озерно-аллювиальный	92,7	7,3	–
Пойменный	75,3	20,8	3,9
Озерно-болотный	85,7	14,3	–
Ландшафты речных долин	65,0	35,0	–
Всего:	**64,3**	**34,7**	**1,0**

Выбранный для оценки плодородия почв сельских поселений критерий – их гранулометрический состав использовался также для ранжирования административных районов по степени благоприятности размещения этих поселений. Всего выделено пять групп районов:

– с наиболее благоприятными почвенными условиями – доля поселений с песчаными почвами до 30 %;

– с благоприятными условиями – 31–50 %;

– с умеренно благоприятными условиями – 51–7 %;

– с менее благоприятными условиями – 71–90 %;

– с наименее благоприятными условиями – свыше 90 %.

В пространственном распределении районов Гомельской области в целом наблюдается улучшение почвенных условий сельских поселений в восточном направлении (рис. 2). В западной части области выделяется пространственно целостный ареал районов с самой высокой долей поселений с песчаными почвами – свыше 90 %. В восточной части размещается столь же компактный ареал районов с минимальными (до 30 %) или низкими (31–50 %) аналогичными показателями. Между ними располагается ареал со средними значениями данных показателей: 51–70 и 71–90 %.

Указанное распределение районов согласуется с ландшафтным строением территории области. В ее западной части средневысотные ландшафты занимают большие площади.

Естественная защищенность грунтовых вод. Защищенность грунтовых вод на территории Гомельской области соответствует преимущественно низинному характеру рельефа и преобладанию песчаных отложений в ее пределах. В целом она низкая. Примерно половина данной территории имеет грунтовые воды, относимые к категории незащищенных [24].

В сельских поселениях Гомельской области в большей степени (42 %) распространены глубины залегания грунтовых вод в диапазоне 2–5 м, характеризующие умеренно благоприятные условия их размещения по критерию естественной защищенности этих вод (табл. 7). В то же время довольно велика доля поселений с неблагоприятными условиями такого рода, составляющая около 1/3 от их числа, а с благоприятными, наоборот, самая низкая – примерно 1/4.

Среди поселений разной величины по трем первым в порядке увеличения людности группам – малые, средние, большие, заметных различий по уровню грунтовых вод не отмечается. Разница между их минимальными и максимальными показателями для ступени 0–2 м составляет 2,4 %, а более 5 м – 4,4 %. Поэтому условия размещения приведенных групп поселений по критерию естественной защищенности грунтовых вод можно рассматривать как сходные.

Иное положение наблюдается по крупным поселениям. Их доля с УГВ 0–2 м ниже средней в 1,6 раза, а более 5 м, наоборот, выше в 1,3 раза. Подобное соотношение свидетельствует о том, что крупные поселения располагают более благоприятными условиями в отношении естественной защищенности грунтовых вод.

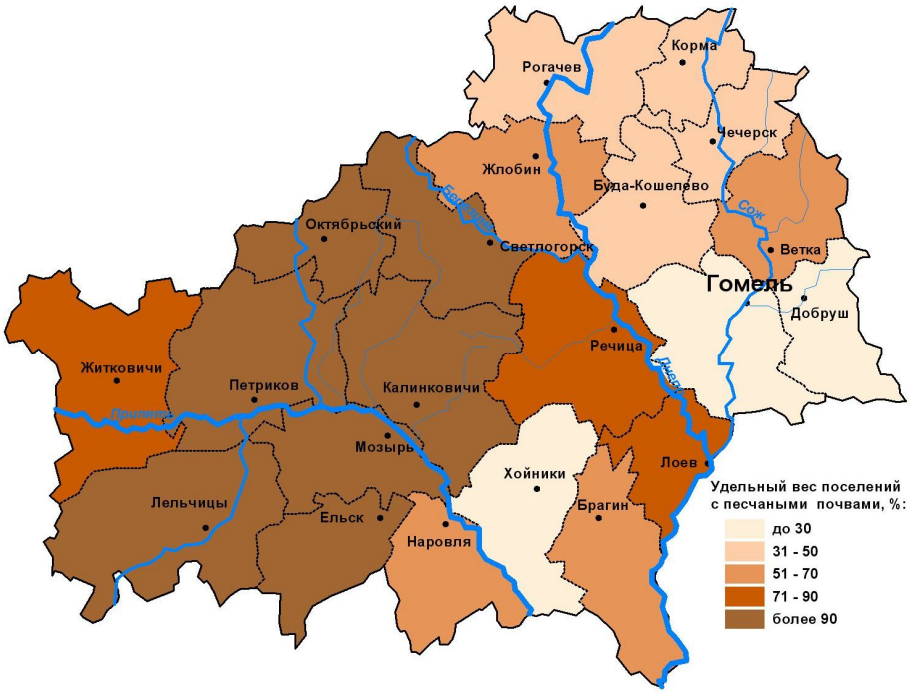


Рис. 2. Удельный вес сельских поселений с песчаными почвами по районам Гомельской области

Fig. 2. Percentage of rural settlements based on sandy soils by the districts of Gomel region

Таблица 7. **Распределение сельских поселений Гомельской области по уровню грунтовых вод, %**

Table 7. **Allocation of Gomel region rural settlements under groundwater level, %**

Уровень грунтовых вод, м	Сельские поселения, %				
	всего	в том числе			
		малые	средние	большие	крупные
0,0–2,0	31,1	31,3	31,1	33,5	20,0
2,1–5,0	42,3	41,8	44,7	37,9	45,5
Более 5,0	26,6	26,9	24,2	28,6	34,5

Глубина залегания грунтовых вод сельских поселений зависит от их ландшафтной приуроченности. При переходе от возвышенных ландшафтов к средневысотным и низменным она последовательно снижается (табл. 8). У поселений, расположенных на возвышенных ландшафтах, грунтовые воды залегают, преимущественно, на глубине свыше 5 м, на равнинных – 2–5 м и на низинных – 0–2 м. В таком же порядке будут ухудшаться условия их размещения по критерию естественной защищенности грунтовых вод.

Внутренние различия среди поселений равнинных и особенно низинных ландшафтов по УГВ довольно велики. Так, доля поселений с УГВ до 2 м, расположенных в пределах речных долин и озерно-болотных низин, различается почти в 4 раза, составляя 18 и 69 % соответственно. Поэтому определение данного показателя применительно к конкретному поселению должно проводиться индивидуально.

Численность сельского населения, проживающего в различных по естественной защищенности грунтовых вод условиях, в целом соответствует аналогичному распределению сельских поселений. Отмеченные условия являются неблагоприятными для 28 % сельских жителей, примерно для такого же количества (29 %) – благоприятными и больше всего (для 43 %) – умеренно благоприятными.

Для выявления пространственных различий в защищенности грунтовых вод сельских поселений применительно к административным районам использовался показатель доли этих поселений с низким уровнем УГВ (до 2 м). Опираясь на него, составлена шкала ранжирования районов с выделением четырех ступеней. Первая из них соответствует численному значению показателя до 20 %, вторая –21–40, третья – 41–60 и четвертая – более 60 % (рис. 3).

Таблица 8. **Распределение сельских поселений Гомельской области, расположенных в различных типах ландшафтов и проживающего в них населения, по уровню грунтовых вод, %**

Table 8. **Allocation of Gomel region rural settlements of different landscapes and their population under groundwater level, %**

Род ландшафтов	Число поселений	УГВ,%					
		менее 2,0 м		2,1–5,0 м		более 5,0 м	
		н/п	население	н/п	население	н/п	население
Возвышенные	**28**	**10,7**	**9,0**	**21,4**	**6,4**	**67,9**	**84,6**
Холмисто-моренно-эрозионный	28	10,7	9,0	21,4	6,4	67,9	84,6
Средневысотные	**1466**	**18,2**	**14,9**	**47,0**	**45,7**	**34,8**	**39,4**
Вторично-моренный	281	6,0	7,2	33,8	37,6	60,2	52,2
Моренно-зандровый	656	16,6	13,4	53,2	43,9	30,2	42,7
Вторично водно-ледниковый	529	26,7	20,3	46,3	51,7	27,0	28,0
Низинные	**969**	**51,3**	**47,5**	**35,7**	**40,8**	**13,0**	**11,7**
Аллювиально-террасированный	341	55,1	54,7	35,8	38,4	9,1	6,9
Озерно-аллювиальный	315	59,4	56,6	34,3	38,6	6,3	4,8
Пойменный	231	37,2	26,7	37,2	49,3	25,6	24,0
Озерно-болотный	42	69,0	89,7	28,6	10,0	2,4	0,3
Речных долин	40	17,5	17,4	45,0	49,4	37,5	33,2
Всего:	**2463**	**31,1**	**28,4**	**42,3**	**42,5**	**26,6**	**29,1**

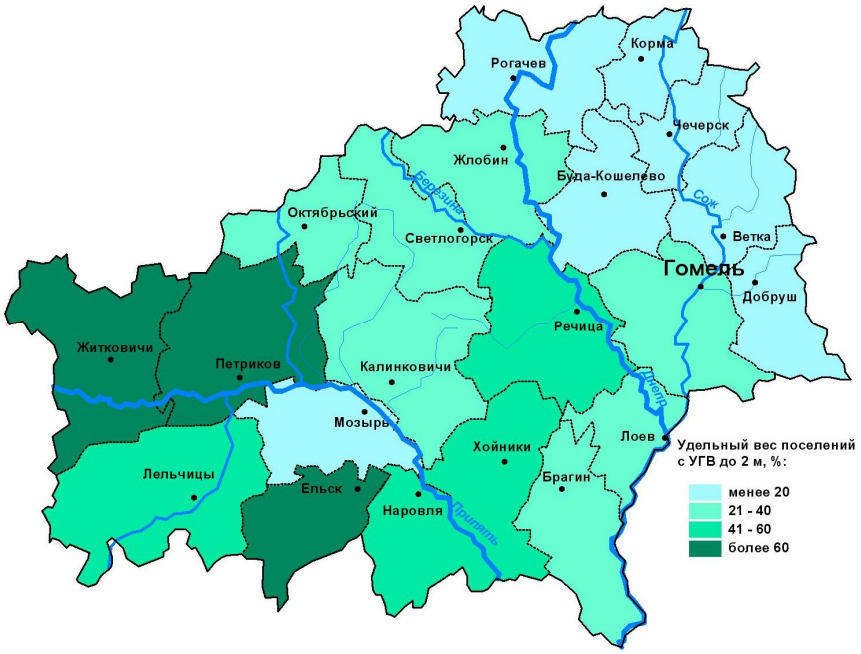


Рис. 3. Распределение сельских поселений Гомельской области с наименее защищенными грунтовыми водами по административным районам

Fig. 3. Administrative allocation of Gomel region rural settlements having the least protected groundwaters

Полученное пространственное распределение районов различного ранга показывает улучшение условий защищенности грунтовых вод сельских поселений в восточном направлении. Так, в западной части области выделяется ареал с наиболее низкой их защищенностью (исключение составляет Мозырский район), в центральной – с умеренной и в северо-восточной – с более высокой. Подобная дифференциация территории соответствует ее ландшафтному строению, отражающему большее распространение в восточном направлении и Мозырском районе равнинных и возвышенных ландшафтов.

Интегральная оценка природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений объединяет приведенные выше частные оценки по их высотному положению, УГВ и характеру почвенного покрова. Она получена путем расчета и последующего суммирования соответствующих частных индексов с использованием показателей средней абсолютной высоты размещения рассматриваемых поселений, их доли с УГВ свыше 2 м, а также с супесчаными и песчаными почвами.

Для группировки поселений по природно-ландшафтным условиям размещения приняты следующие величины суммарного индекса: наиболее благоприятные условия – более 4,0; благоприятные – 3,1–4,0; умеренно благоприятные – 2,1–3,0; менее благоприятные – до 2,0.

Применительно к поселениям различной величины отмечается последовательное увеличение суммарного индекс по мере роста их людности (табл. 9). Так, подобное изменение индекса отражает прямую зависимость величины поселений от природно-ландшафтных условий их размещения. Поселениям большей величины соответствуют более благоприятные условия такого рода.

Аналогичным образом рассчитаны индексы для различных типов ландшафтов и проведено их соответствующее ранжирование (табл. 10). Самое высокое численное значение интегрального индекса получено для средневысотных ландшафтов, в составе которых все частные индексы превышают средние величины. Данное значение интегрального индекса позволяет характеризовать природные условия размещения в их пределах сельских поселений как благоприятные.

Таблица 9. **Индексы оценки природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений различной величины Гомельской области**

Table 9. **Nature and landscape conditions rating indexes of Gomel region rural settlements**

Сельские поселения	Индексы				Условия
	средней абсолютной высоты	доли поселений с УГВ свыше 2 м	доли поселений с супесчаными и суглинистыми почвами	суммарный	
Малые	1,00	1,00	0,96	2,96	Умеренно благоприятные
Средние	1,01	1,00	0,98	2,99	Умеренно благоприятные
Большие	1,00	0,97	1,22	3,19	Благоприятные
Крупные	1,02	1,16	1,54	3,72	Благоприятные

Таблица 10. **Индексы оценки природных условий размещения сельских поселений Гомельской области по типам ландшафтов**

Table 10. **Nature conditions rating indexes of Gomel region rural settlements under landscape types**

Род ландшафтов	Индексы				Условия
	средней абсолютной высоты	доли поселений с УГВ свыше 2 м	доли поселений с супесчаными и суглинистыми почвами	суммарный	
Возвышенные	**1,15**	**1,30**	**0,40**	**2,85**	**Умеренно благоприятные**
Холмисто-моренно-эрозионный	1,15	1,30	0,40	2,85	Умеренно благоприятные
Средневысотные	**1,03**	**1,19**	**1,30**	**3,52**	**Благоприятные**
Вторично-моренный	1,06	1,36	1,82	4,24	Наиболее благоприятные
Моренно-зандровый	1,03	1,21	1,25	3,49	Благоприятные
Вторичный водно-ледниковый	1,02	1,06	1,10	3,18	Благоприятные
Низинные	**0,95**	**0,71**	**0,55**	**2,21**	**Умеренно благоприятные**
Аллювиально-террасированный	0,94	0,65	0,77	2,36	Умеренно благоприятные
Озерно-аллювиальный	0,95	0,59	0,20	1,75	Менее благоприятные
Пойменный	0,95	0,91	0,69	2,55	Умеренно благоприятные
Озерно-болотный	0,98	0,45	0,40	1,83	Менее благоприятные
Ландшафты речных долин	0,93	1,20	0,98	3,10	Благоприятные

Несколько хуже указанные условия в возвышенных и особенно низменных ландшафтах, где они оцениваются как умеренно благоприятные. В первом случае такое ухудшение связано с преобладанием у поселений малоплодородных песчаных почв, во втором – с низкими значениями практически всех частных индексов.

Для оценки влияния природно-ландшафтного строения территории на размещение сельского населения и сельских поселений выполнены расчеты, соответственно, их средней плотности и густоты применительно к группам ландшафтов с различной степенью благоприятности таких условий. Из рис. 4 следует, что оба этих показателя последовательно увеличиваются по мере улучшения рассматриваемых условий. Различия между их минимальными и максимальными величинами довольно значительны и составляют по плотности населения 2,3 раза и густоте поселений – 2,8 раза.

Пространственные различия в природно-ландшафтных условиях размещения сельских поселений определялись по отношению к административным районам. Исходя из принятой оценочной шкалы, на территории Гомельской области выделены четыре их группы (рис. 5).

В группу районов с наиболее благоприятными условиями входят три района: Гомельский, Добрушский и Кормянский. Они имеют повышенные по сравнению со средними для области частные индексы, при этом особенно большим превышением (1,8–2,0 раза) выделяются таковые, характеризующие плодородие почв.

Группу районов с благоприятными условиями образуют шесть районов: Буда-Кошелевский, Ветковский, Жлобинский, Рогачевский, Чечерский и Хойникский. У пяти первых из них такие условия формируются за счет более высоких по сравнению со средним уровнем значений всего набора частных индексов, у шестого – за счет индекса плодородия почв, составляющего 1,98.

Группа районов с умеренно благоприятными условиями занимает самую большую площадь. Она включает восемь районов: Брагинский, Житковичский, Калинковичский, Лоевский, Мозырский, Наровлянский, Октябрьский, Речицкий. Они отличаются пониженными по сравнению со средними значениями величинами практически всех частных индексов.

Группа районов с менее благоприятными условиями состоит из четырех районов: Ельского, Лельчицкого, Петриковского, Светлогорского. Они характеризуются самыми низкими значениями частных индексов.

В размещении указанных групп районов на территории Гомельской области заметно влияние ее ландшафтного строения. При продвижении с юго-запада на северо-восток уменьшается доля низинных ландшафтов и повышается доля средневысотных. В этом же направлении происходит улучшение природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений: от менее благоприятных к наиболее благоприятным.

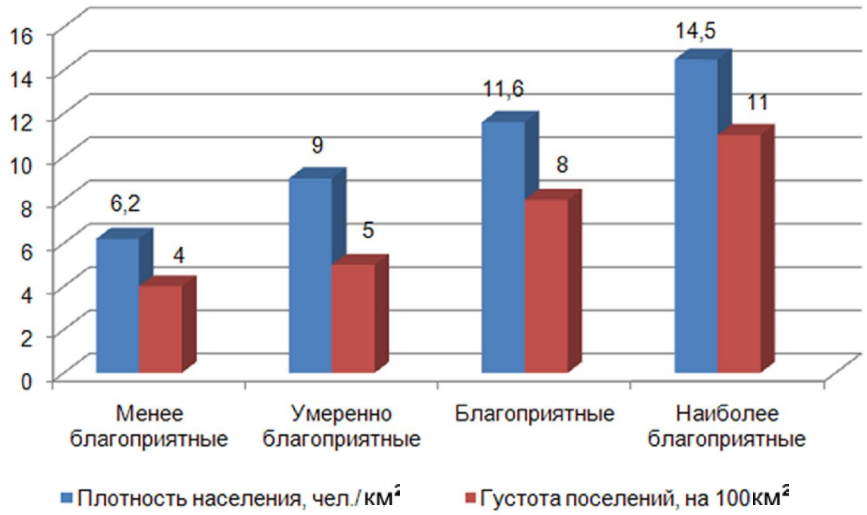


Рис. 4. Плотность сельского населения и густота сельских поселений по группам ландшафтов с различными природными условиями размещения

Fig. 4. Rural population density, rural settlements density under landscape types and different nature conditions

Рис. 5. Ранжирование районов Гомельской области по природно-ландшафтным условиям размещения сельских поселений

Fig. 5. Range of Gomel region-districts under the nature and landscape conditions of rural settlements

Заключение. Предложенная методика оценки природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений, предусматривающая использование трех оценочных критериев: высотного положения, плодородия почв, а также УГВ применительно к поселениям различной величины, типам ландшафтов и административным районам обеспечивает адекватное отражение степени благоприятности такого размещения и влияния рассматриваемых условий на территориальную организацию сельского расселения.

Размещение сельских поселений зависит от природно-ландшафтных условий территории: по мере их улучшения, связанного с ростом показателей абсолютной высоты местности, плодородия почв и защищенности грунтовых вод увеличивается людность и густота этих поселений, а также плотность сельского населения.

Среди ландшафтов различного типа самые благоприятные условия размещения сельских поселений представляют средневысотные ландшафты, преимущественно за счет более высокого почвенного плодородия; далее следуют возвышенные и затем – низинные ландшафты. Внутри ландшафтов одного и того же типа имеет место существенный разброс показателей, характеризующих высотное положение, плодородие почв и защищенность грунтовых вод конкретных поселений, что обусловливает необходимость индивидуального подхода к их оценке.

В соответствии с ландшафтным строением Гомельской области, на ее территории выделяются три сравнительно компактных ареала по степени благоприятности природно-ландшафтных условий размещения сельских поселений: северо-восточный с наиболее благоприятными и благоприятными, центральный с преимущественно умеренно благоприятными и юго-западный с преимущественно менее благоприятными условиями.

Список использованных источников

1. Волошенко, Е. В. К вопросу взаимодействия ландшафтов и сельского расселения южной части северо-запада РСФСР / Е. В. Волошенко // Вестник ЛГУ. Сер. : Геология. География. – 1977. – № 24. – С. 93–99.

2. Кошкин, Н. М. Исследование причин деградации ландшафтов сельских населенных пунктов юго-востока Саратовского Заволжья / Н. М. Кошкин, А. А. Власова // Аграрный научный журнал. – 2007. – № 4. – С. 43–45.

3. Ларина, А. В. Геоэкология селитебных ландшафтов Республики Мордовия : автореф. дис. … канд. геогр. наук. : 25.00.36 / А. В. Ларина. – Астрахань, 2009. – 20 с.

4. Панков, С. В. Методика выделения ландшафтных границ сельских поселений / С. В. Панков // Альманах современной науки и образования. – 2010. – № 8 (39). – С. 84–86.

5. Алексеенко, В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов / В. А. Алексеенко, А. В. Алексеенко. – Ростов н/Д : Изд-во Южного федерал. ун-та, 2013. – 380 с.

6. Сафронова, К. В. Вопросы ландшафтного положения сельских населенных пунктов Тамбовской области / К. В. Сафронова, С. В. Панков // Природа и общество: в поисках гармонии. – 2016. – № 2. – С. 215–219.

7. Атаев, З. В. Селитебная нагрузка на ландшафты Северного Кавказа / З. В. Атаев, В. В. Братков, Ш. Ш. Заурбеков, М. Б. Астапов, А. А. Мамонов // Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 4. – С. 100–107.

8. Мамонов, А. А. Современные тенденции изменения селитебной освоенности ландшафтно-геоморфологических ярусов Республики Дагестан / А. А. Мамонов, В. В. Братков, З. В. Атаев // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2014. – № 4 (29). – С. 86–91.

9. Кудиркене, Р. К. Поселения в природном ландшафте Литвы : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 11.00.01 / Р. К. Кудиркене.– Вильнюс, 1973. – 32 с.

10. Куница, М. Н. Природно-территориальные комплексы и расселение населения: анализ пространственных и временных взаимосвязей (на примере Черновицкой области) : автореф. дис. … канд. геогр. наук : 11.00.01 / М. Н. Куница. – Киев, 1986. – 19 с.

11. Элизбарашвили, Н. К. Ландшафтный анализ размещения населения Грузии / Н. К. Элизбарашвили, Д. А. Николаивили // География и природные ресурсы. – 2006. – № 4. – С. 150–155.

12. Гасаналиева, Л. Г. Закономерности размещения населения и населенных пунктов по ландшафтным секторам северо-восточного склона Большого Кавказа (в пределах Азербайджана) / Л. Г. Гасаналиева // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2015. – № 5-2. – С. 295–299.

13. Клицунова, Н. К. Особенности расположения сельских поселений в ландшафтах Витебской области / Н. К. Клицунова // Природа и хозяйство Беларуси. – Минск, 1969. – С. 153–162.

14. Клицунова, Н. К. К типологии расположения сельских поселений в ландшафтах Гомельского Полесья / Н. К. Клицунова // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 1974. – № 2. – С. 71–74.

15. Клицунова, Н. К. Ландшафты Белорусского Полесья и их антропогенизация под влиянием мелиорации / Н. К. Клицунова, Г. И. Марцинкевич // Проблемы Полесья. – Минск : Наука и техника, 1980. – Вып. 6. – С. 226–237.

16. Флерко, Т. Г. Ландшафтные условия размещения системы расселения Гомельской области / Т. Г. Флерко // Природопользование : сб. науч. тр. – 2008. – Вып. 14. – Минск : ИПИПРЭ, 2008. – С. 38–45.

17. Топографическая карта Белорусской ССР. Масштаб 1 : 100 000 / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М., 1978–1989.

18. Губин, В. Н. Методика среднемасштабного эколого-геологического картографирования / В. Н. Губин, М. В. Фадеева, В. Е. Волков. – Минск : БелНИГРИ, 1994. – 160 с.

19. Отчет по подготовке картографических материалов характеризующих экологическое состояние геологической среды Гомельской области с рекомендациями по её рациональному использованию / В. Г. Жогло [и др.] // Геологоразведочное республиканское унитарное предприятие «Белгеология» ; БелНИГРИ ; Белорусская гидрогеологическая экспедиция. – Минск, 2005.

20. Зубок, Л. П. Составление карты естественной защищенности подземных вод территории Гомельской области масштаба 1 : 200 000 / Отчет Центральной гидрогеологической партии ; БГЭ. – Минск, 1993. – ГГФ №11751.

21. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смеяна. – Минск : Ураджай, 1974. – 328 с.

22. Каропа, Г. Н. География Гомельской области: курс лекций для студентов / Г. Н. Каропа ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 157 с.

23. Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск : Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь, 2002. – 292 с.

24. Пресные подземные воды Гомельской области: динамика и экология / В. Г. Жогло [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2018. – 176 с.

References

1. Voloshenko E. V. *K voprosu vzaimodeiystviya landshaftov i sel'skogo rasseleniya yuzhnoy chaste severo-zapada RSFSR [Intera*ction of landscapes and rural population of the south area of north-west of the RSFSR]. *Vestnik LGU. Seriya: Geologiya. Geografiya = Vestnik LGU. Serie: Geology. Geography*, 1977, no. 24, pp. 43–45 (in Russian).

2. Koshkin N. M., Vlasov A. A. *Issledovanie prichin degradacii landshaftov sel'skich naselennykh punktov yugo-vostoka Saratovskogo Zavolzh'ya* [Research of landscape degradation of rural settlements in south-east of Saratov Zavolzhye]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian scientific journal*, 2007, no. 4, pp. 43–45 (in Russian).

3. Larina A. V. *Geoekologiya selitebnych landshaftov Respubliki Nordoviya. Autoref. cand. Geogr. nauk* [Geoecology of residential landscapes of the Republic of Mordovia. PhD. geogr. sci. diss.]. Astrakhan, 2009, 20 p. (in Russian).

4. Pankov S. V. *Metodika vydeleniya landshaftnykh granits sel'skikh poseleniy* [Methodology of rural settlements border delineation]. *Al'manakh sovremennoy nauki I obrazovaniya = Almanac of modern science and education*, 2010, no. 8 (39), pp. 84–86 (in Russian).

5. Alekseenko V. A., Alekseenko A. V. *Khimicheskie elementy v geokhimicheskikh sistemsh. Klarki pochv selitebnykh landshaftov* [Chemical elements in geochemical systems. Soil clarks of residential landscapes]. Rostov-on-Don, 2019, 380 p. (in Russian).

6. Safronova K. V., Pankov S. V. *Voprosy landshaftnogo polozheniya selskikh naselennykh punktov Tambovskoi oblasti* [Landscape situation of rural settlements of Tambov region]. *Priroda I obstchestvo: v poiskakh garmonii = Nature and society: looking for harmony*, 2016, no. 2, pp. 215–219 (in Russian).

7. Ataev Z. V., Bratkov V. V., Zaurbekov Sh. Sh., Mamonov A. A. *Selitebnaya nagruzka na landshafty Severnogo Kavkaza* [Residential influence on north caucasus landscapes]. *Jug Rossii: ekologiya, razvitie = South of Russia: ecology and development*, 2012, no. 4, pp. 100–107 (in Russian).

8. Mamonov A. A., Bratkov V. V., Ataev Z. V. *Sovremennye tendentsii izmeneniya selitebnoi osvoennosti landshaftno-geomorfologicheskikh yarusov Respubliki Dagestan* [Modern tendencies and changesin residential developing of landscape tiers of the Republic of Dagestan*]. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki = News of Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences*, 2014, no. 4 (29), pp. 86–91 (in Russian).

9. Kudirkine R. K. *Poseleniya v prirodnom landshafte Litvy* [Settlements in natural landscapes of Lithuania. PhD. geogr. sci. diss.]. Vilnius, 1973, 32 p. (in Russian).

10. Kunitsa M. N. *Prirodno-territorial'nye kompleksy i rasselenie naseleniya: analiz prostranstvennykh I vremennykh vzaimosvyazei (na primere Chernovitskoi oblasti)* [Nature and territory complexes and population settlement: analysis of time and spatial correlation (under Chernovtsy region). PhD. geogr. sci. diss.]. Kiev, 1986, 19 p. (in Russian).

11. Elizbarashvili N. K., Nikolaivili D. A. *Landshaftnyi analiz razmestcheniya naseleniya Gruzii* [Landscape analysis of population settlement of Georgia]. *Gepgrafiya i prirodnye resursy = Geography and natural resources*, 2006, no. 4, pp.150–155 (in Russian).

12. Gasanalieva L. G. *Zakonomernosti razmestcheniya naseleniya i naselennych punktakh po landshaftnym sektoram severo-vostochnogo sklona Bolshogo Kavkaza (v predelakh Azerbaidzhana)* [Consistent patterns in population settlement and community allocation under landscape sectors of big caucasus North-East (in the borders of Azerbaijan)]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk = Actual problems of humanitarian and natural sciences*, 2015, no. 5–2, pp. 295–299 (in Russian).

13. Klitsunova N. K. *Osobennosti raspolozheniya sel'skich poseleniy v landshaftach Vitebskoi oblasti* [Features in rural settlements location in Vitebsk region landscapes]. *Priroda i chozyaystvo Belarusi = Nature and economy of Belarus*. Minsk, 1969, pp. 153–162 (in Russian).

14. Klitsunova N. K. *K tipologii raspolozheniya sel'skikh poselenij v landshaftakh Gomel'skogo Poles'ya* [Typology of rural settlements in the landscapes of Gomel Polesie]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya = Vestnik of Belorussian State University. Serie 2. Chemistry. Biology. Geography*, 1974, no. 2, pp. 71–74 (in Russian).

15. Klitsunova N. K., Martsinkevich G. I. *Landshafty Belorusskogo Poles'ya i ikh antropogenizatsiya pod vliyaniem melioratsii* [Landscapes of Belorussian Polesie and their anthropogenization under Influence of melioration]. *Problemy Poles'ya = Problems of Polesie*. Minsk, 1980, issue 6, pp. 226–237 (in Russian).

16. Flerko T. G. *Landshaftnye usloviya pazmestcheniya sistemy rasseleniya Gomel'skoi oblasti* [Landscape conditions of the settlement system of Gomel region*]. Prirodopolzovanie, Sbornik nauchnykh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus "Nature Management"*, Minsk, 2008, vol. 14, pp. 38–45 (in Russian).

17. *Topograficheskaya karta Belorusskoi SSR. Masshtab 1:100000* [Map of Belorussian SSR. Scale 1:100000]. Moscow, 1978–1989 (in Russian).

18. Gubin V. N., Fadeeva M. V., Volkov V. E. *Metodika srednemasshtabnogo ekologo-geograficheskogo kartografirovaniya* [Methodology of middle-scaled ecological and geological mapping]. Minsk, 1994, 160 p. (in Russian).

19. Zhoglo V. G., Zubok L. P., Aleshko A. A. *Otchet po podgotovke kartograficheskikh materialov kharakterizujustchikh ekologicheskoe sostoyanie geologicheskoi sredy Gomel'skoi oblasti s rekomendatsiyami po eio ratsional'nomu ispolzovaniju* [Report for mapping preparation on ecology situation and geological environment of Gomel region (including recommendations for use)]. Minsk, 2005 (in Russian).

20. Zubok L. P. *Sostavlenie karty estestvennoi zastchistchionnosti podzemnykh vod territorii Gomel'skoi oblasti masschtaba 1:200000. Otchet tsentral'noi geologicheskoi partii* [Map of natural protection of groundwater in Gomel region. Scale 1:200000]. Minsk, 1993 (in Russian).

21. Kulakovskaya T. N., Rogovoi P. P., Smeyan N. I. *Pochvy Belorusskoi SSR* [Soils of Belorussian SSR]. Minsk, 1974, 328 p. (in Russian).

22. Karopa G. N. *Geografiya Gomel'skoi oblasti: kurs lektsij dlya studentov* [Geography of Gomel region: guide for students]. Gomel, 2009, 157 p. (in Russian).

23. *Natsiyanal'nyy atlas Belarusi* [National atlas of Belarus]. Minsk, 2002, 292 p. (in Belarusian).

24. Zhoglo V. G., Galkin A. N., Tret'yakova A. V., Krasovskaya I. A. *Presnye podzemnye vody Gomelskoi oblasti: dinamika i ekologiya* [Fresh groundwaters of Gomel region: dynamics and ecology]. Minsk, 2018, 176 p. (in Russian).

Информация об авторах

Струк Михаил Игоревич – канд. геогр. наук, вед. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: geosystem1@rambler.ru

Флерко Татьяна Григорьевна – ст. преподаватель, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины (ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: tflerco@mail.ru

Information about the authors

Mikhail I. Struk – Ph.D. (Geography), Leading Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: geosystem1@rambler.ru

Tatjana G. Flerko – Senior Lecturer, Francisk Skorina Gomel State University (104, Sovetskaja Str., 246019, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: tflerco@mail.ru

УДК 504.5:502.521(476)

Поступила в редакцию 16.10.2018
Received 16.10.2018

ВОЗМОЖНОСТИ И МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ

Т. И. Кухарчик, М. И. Козыренко

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены способы локализации полихлорированных бифенилов (ПХБ) в почвах, применяемые с целью предотвращения их выноса и рассеяния в окружающей среде. Проблема остается актуальной, несмотря на предпринятые меры по регулированию данной группы стойких органических загрязнителей. В частности, в Беларуси загрязнение почв ПХБ наблюдается в местах установки и хранения ПХБ-содержащего электрооборудования, а также на территории лакокрасочного производства.

Основываясь на опыте зарубежных стран, приведен обзор следующих методов стабилизации загрязнений: использование добавок активированного угля, других сорбирующих материалов; отвердение с использованием веществ, формирующих прочную твердую матрицу; создание перекрытий; устройство противофильтрационных экранов. Проанализирован реальный опыт проведения работ по стабилизации почв, загрязненных ПХБ, в зарубежных странах.

Отмечена необходимость локализации ПХБ в загрязненных почвах в Беларуси как временной, но эффективной меры по предотвращению распространения ПХБ в окружающей среде. В качестве возможных мер предложено использование перекрытий и барьеров, а также активных добавок для наиболее загрязненных территорий (с содержанием ПХБ более 50 мг/кг) В то же время указано, что выбор конкретных мер должен приниматься с учетом анализа сложившейся ситуации на загрязненном участке.

Ключевые слова: полихлорированные бифенилы (ПХБ); загрязнение почв; очистка почв; локализация загрязнения; биодоступность; стабилизация загрязнения; вертикальные барьеры; перекрытия.

Для цитирования. Кухарчик Т. И., Козыренко М. И. Возможности и методы стабилизации полихлорированных бифенилов в загрязненных почвах // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 72–82.

FACILITIES AND METHODS OF THE STABILIZATION OF POLYCHLORINATED BIPHENYLS IN POLLUTED SOILS

T. I. Kukharchyk, M. I. Kazyrenka

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The methods of localization of polychlorinated biphenyls (PCBs) in soils used to prevent their emission and dispersion in the environment are discussed. Despite the measures taken to regulate this group of persistent organic pollutants the problem remains actual. In particular, in Belarus, soil contamination with PCBs is observed in the places of PCB-containing electrical equipment installation and storage, as well as on the territory of paint and varnish manufacture.

Based on the experience of different countries, a review of the methods of stabilization of pollution such as the use of activated carbon additives and other sorbent materials; solidification with the use of substances, forming a strong solid matrix; creating overlaps and impermeable screens is done. The real experience of stabilization activities on PCB-contaminated territories in foreign countries is analyzed.

The need of localization of PCBs in contaminated soils in Belarus as a temporary but effective measure to prevent the emissions of PCBs to the environment is noted. The use of overlaps and barriers, as well as active additives for the most polluted areas (with PCBs content more than 50 mg/kg) as possible measures have been suggested. At the same time, it is indicated that the choice of specific measures should be taken taking into account the analysis of current situation in the contaminated area.

Key words: Polychlorinated biphenyls (PCB); soil contamination; soil remediation; contamination localization; bioavailability; contamination stabilization; vertical barriers; caps.

For citation. Kukharchyk T. I., Kazyrenka M. I. Facilities and methods of the stabilization of polychlorinated biphenyls in polluted soils. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 72–82.

Введение.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) – группа высокоопасных для человека и окружающей среды соединений, которые относятся к приоритетным загрязняющим веществам и наряду с другими стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) регулируются рядом международных соглашений,

в том числе Стокгольмской конвенцией о СОЗ [1]. Несмотря на предпринятые меры по регулированию ПХБ (прекращение производства ПХБ и ПХБ-содержащего оборудования, других изделий, утилизацию значительного количества ПХБ-содержащего оборудования и отходов во многих странах), проблема загрязнения окружающей среды ПХБ остается в числе актуальных. Согласно Стокгольмской конвенции о СОЗ, ПХБ-содержащее оборудование должно быть выведено из эксплуатации к 2025 г. Это означает, что возможны утечки ПХБ и их последующее рассеяние в окружающей среде; также следует учитывать реликтовые загрязнения, способные сохраняться в депонирующих компонентах десятки лет в связи со стойкостью ПХБ к разложению и деградации.

В Беларуси основным источником поступления ПХБ в почву является ПХБ-содержащее оборудование, которое использовалось и продолжает использоваться на различных предприятиях. Выполненные к настоящему времени исследования позволили выявить высокие уровни загрязнения почв ПХБ вследствие их утечек: на распределительных подстанциях электросетей, тяговых подстанциях железной дороги, ряде промышленных предприятий [2–4]. Загрязнение почв характерно также для территории лакокрасочного производства в г. Лиде, где на протяжении 30 лет использовался совол пластификаторный – пентахлордифенил [5].

Принятые на международном уровне в рамках Стокгольмской и Базельской конвенций уровни, при которых почвы подлежат очистке, составляют 50 мг/кг [6]. В этом случае загрязненные ПХБ субстраты приравниваются к ПХБ-содержащим отходам, в отношении которых должны быть применены экологически безопасные методы удаления.

В мировой практике в настоящее время используются различные технологии очистки загрязненных ПХБ почв, включающие био- и фиторемедиацию, промывку почвы, дехлорирование, десорбцию, иммобилизацию, сжигание и другие; краткий обзор их преимуществ и недостатков, а также опыта применения в различных странах был выполнен нами ранее [2]. Наиболее частые используемые технологии – изъятие и складирование на полигонах или изъятие и сжигание [7, 8]. При этом известно, что сжигание не относится к экологически обоснованному методу в связи с возможностью формирования высокотоксичных диоксинов и фуранов [9]. Химические технологии относятся к дорогостоящим; кроме того, они являются агрессивными по отношению к почвам за счет высокой температуры, сильных кислот и щелочей, а экстракты после очистки требуют дополнительных расходов на обезвреживание. Применение биологических методов так же, как и методов, основанных на процессах естественного разложения ПХБ, сдерживается рядом факторов, прежде всего, уровнями загрязнения, поскольку их применение целесообразно при низком содержании ПХБ.

Недавно опубликованные обзоры, посвященные ремедиации загрязненных ПХБ территорий, свидетельствуют о сохранении проблемы даже в промышленно развитых странах и продолжающихся исследованиях по поиску новых и совершенствованию имеющихся технологий [7, 8, 10, 11].

В последние годы исследования направлены на совершенствование методов дехлорирования ПХБ с использованием различных препаратов: растворителей [12], металлов с нулевой валентностью [13–15], персульфатов [16]. Рассматриваются также комбинированные методы очистки почв, например механохимический и термодесорбции [17], использование наночастиц железа с нулевой валентностью и поверхностно-активных веществ с биологическими добавками [18]. Важное значение придается свойствам субстратов (кислотности, содержанию органического вещества) с точки зрения повышения эффективности выщелачивания ПХБ из загрязненной почвы [19]. О масштабности исследований в области химической и электрокинетической ремедиации загрязненных ПХБ почв свидетельствует перечень источников, использованных в обзорной статье [20], который включает более 200 наименований.

В целом, решение проблем очистки почв, загрязненных ПХБ, требует комплексных подходов, поскольку нет универсальных технологий для всего многообразия случаев загрязненных территорий, свойств почв, уровней загрязнения и других факторов.

Одним из вариантов решения проблемы загрязненных территорий может быть локализация загрязнения для предотвращения распространения ПХБ в окружающей среде и снижения негативного воздействия опасных веществ. Применяется данный способ в случаях, если не доступны другие технологии очистки почв и донных отложений либо неэффективно их применение в данный момент, а также как завершающий этап после проведения работ по очистке, если не достигнуты необходимые остаточные концентрации ПХБ [21–23]. Важную роль в локализации загрязнения ПХБ играют меры по стабилизации/закреплению загрязнителей, поверхностные перекрытия, вертикальные барьеры и другие. Иными словами, речь идет о закреплении ПХБ в исходном субстрате, создании физических и/или комплексных барьеров, предотвращающих вынос ПХБ за пределы загрязненного места или контакт с другими средами.

Анализу таких способов, опыту их применения в зарубежных странах и возможности использования в Беларуси посвящена данная статья. В качестве исходных данных при подготовке статьи ис-

пользованы опубликованные материалы, касающиеся предмета исследований, в том числе научные статьи, отчеты и руководящие документы.

Основная часть.

Стабилизация загрязнения и снижение биодоступности.

Снижение биодоступности ПХБ для растений и биоты – важнейший вопрос, которому уделяется значительное внимание в последние годы [21, 22, 24]. Это актуально как в отношении почвы, так и загрязненных донных отложений.

Решение проблемы может достигаться путем введения в почвы активированного или древесного угля непосредственно на загрязненной территории (*in situ*). По данным работы [13] добавление активированного угля способствует усилению процессов деградации ПХБ за счет размножения микробных сообществ; его применение целесообразно для создания активных перекрытий над загрязненными участками, что подтверждено экспериментальными исследованиями [25, 26]. Среди других добавок, приемлемых для снижения биодоступности, – органоглины *(Organoclays™)*, апатиты. Органоглины созданы путем замещения поверхностных катионов бентонита или гекторита органическими молекулами, такими как четвертичные амины [27]. Они гидрофобны, проницаемы и эффективны к абсорбции органических и иммобилизованных металлов. Данные типы специальных добавок прописаны управлением Суперфонда в США в отношении загрязненных донных отложений [21]. Они могут использоваться как сами по себе, так и в сочетании с другими методами. Введение указанных выше примесей может осуществляться как в виде наносимых покрытий (матов), так и добавок непосредственно в сами отложения. Использование матов толщиной 6–11 мм позволяет равномерно перекрыть загрязненный участок; они устойчивы к разложению, могут дополнительно армироваться для повышения устойчивости.

Согласно работе [22], на основании лабораторных и полевых исследований по изучению снижения биодоступности ПХБ и других СОЗ, проводимых с 2000 г., внесение активированного угля и биоугля в виде геоматов, георешеток оказало положительное влияние на динамику данного процесса. Технология апробирована на примере ряда аквальных систем (включая прибрежные зоны) в США, Канаде. Указывается на быстрый эффект снижения биоаккумуляции опасных веществ в рыбе.

Результаты полевого эксперимента по введению добавок активированного и древесного угля в почву (2,8 %) на территории бывшего завода по производству электрических трансформаторов в Канаде показал снижение содержания ПХБ в плодах тыквы на 64–74 % [25]. Об эффективности использования активных добавок свидетельствуют результаты пилотного проекта на р. Грассе (территория Суперфонда, США), где загрязнение ПХБ донных отложений было вызвано деятельностью алюминиевого завода. На участке 0,5 акра был нанесен гранулированный активированный уголь, полученный из битуминозного угля и скорлупы кокосовых орехов (2,5 % от объема донных отложений). По истечении трех лет содержание ПХБ в воде снизилось на 95–100 %. Биоаккумуляция ПХБ в донных червях уменьшилась в лабораторных условиях на 63–99 % и на участке испытаний – на 62–93 %. Положительные результаты были получены и в отношении отдельных конгенеров, подвижность и доступность которых существенно снизилась [28].

Об эффективности введения биоугля в загрязненные ПХБ почвы свидетельствуют результаты недавних исследований в Норвегии [24], где в лабораторном эксперименте изучался эффект от введения древесного угля и угля из рисовой лузги в загряненную почву на дождевых червей и некоторые виды растений. Переход ПХБ в дождевых червей снизился на 90 % при использовании угля из рисовой лузги, при использовании угля двух типов произошло увеличение урожая райграса.

Стабилизация ПХБ в донных отложениях путем нанесения слоя активированного угля изучена также на примере залива возле судостроительного завода в Сан-Франциско, Калифорния [29]. Наблюдения в течение пяти лет показали примерно одинаковый уровень ПХБ в осадочных отложениях. Уровни ПХБ в воде снизились на 73 %.

Хорошие результаты дало проведение работ на р. Спокане (США), где в качестве перекрытия использованы уголь, песок и гравий, которые наносились на донные отложения последовательно с помощью экскаватора. Через один год содержание ПХБ в донных червях снизилось на 72–94 %, через три года – на 63–99 % [23].

В целом, выбор добавок и способа их нанесения определяется с учетом многих факторов, в том числе особенностей загрязнения и свойств почв и донных отложений, путей поступления загрязняющих веществ и других факторов.

Отвердение/стабилизация как способ локализации (на месте).

Процессы стабилизации и отвердения снижают подвижность загрязняющего вещества путем предотвращения его физического контакта с подвижной фазой (отвердение) либо путем химического связывания загрязняющего вещества для снижения его подвижности (стабилизация). Стабилизация

может быть достигнута без отвердения, но отвердение обычно сопровождается определенной стабилизацией.

Технология отвердения/стабилизации была определена АООС США как лучшая приемлемая для 57 наименований опасных отходов. По данным на 2006 г. в США данный метод был выбран в 24 % случаев при проведении работ по ремедиации на территориях Суперфонда [30]. Технология применима для ремедиации почв, загрязненных как неорганическими, так и органическими соединениями, включая ПХБ.

Вяжущие материалы для стабилизации могут быть нескольких классов. Наиболее часто применяемые – это портландцемент, летучая зола/известняк, летучая зола/клинкерная пыль. Эти материалы формируют прочную твердую матрицу, которая закрепляет частицы отходов, связывает различные загрязняющие вещества и снижает проницаемость загрязненных пород. Добавки могут улучшить некоторые важные свойства процесса стабилизации/отвердения. В соответствии с работой [30] технология отвердения на основе использования портландцемента имеет ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями очистки: относительно низкую стоимость и легкую реализуемость, неизменный состав портландцемента, стабильность физико-химических свойств, высокую прочность, нетоксичность, высокую устойчивость к биодеградации и относительно низкую водопроницаемость.

Отвердение/стабилизация могут быть реализованы несколькими способами: с экскавацией загрязненного субстрата и проведением процесса на специально оборудованном производстве (стационарной или мобильной установке) или непосредственно внутри контейнера с отходами; без изъятия грунта непосредственно на загрязненной территории с подачей отверждающего материала в загрязненный субстрат. В отношении органических веществ обработка с помощью цемента может проводится в трех вариантах: прямая иммобилизация органических загрязнителей; иммобилизация после адсорбции; иммобилизация с использованием окислителя/восстановителя.

В числе первых технология отвердения была применена в 1988 г. во Флориде, США, на территории электростанции, загрязненной ПХБ, ЛОС и тяжелыми металлами. Использовалась смесь цемента и воды. Концентрации ПХБ достигали 950 мг/кг при среднем содержании около 300 мг/кг. Перемешивание сильно загрязненного и менее загрязненного грунта позволило снизить общую концентрацию ПХБ до 170 мг/кг. Для обработанных почв величина выщелачиваемости составила 0,1 мкг/л. Исследования показали, что при снижении проницаемости почв в 4–5 раз грунтовые воды идут в обход получаемого монолита; таким образом предотвращается вымывание загрязняющих веществ [31].

На устойчивость получаемых твердых субстратов на протяжении длительного времени указывают результаты исследований на одном предприятии в США, а также изучение 10 загрязненных участков в Великобритании и Франции (1989–2006 гг.) через десять лет после применения технологии отвердения/стабилизации [32]. Моделирование процессов миграции загрязняющих веществ на основе результатов геотехнического, химического и геохимического анализов показало, что на всех участках сохранены условия, соответствующие уровням содержания загрязняющих веществ, достигнутых непосредственно после отвердения/стабилизации. Данное обстоятельство позволило считать описанную технологию применимой на долговременную перспективу.

Одна из технологий стабилизации – остекловывание, которая представляет собой процесс преобразования отходов в стеклоподобную массу; может осуществляться как на месте (*in situ*), так и с извлечением грунта (отходов) (*ex situ*). Значительный объем загрязненных почв переработан с помощью технологии стеклования отходов GeoMelt. Суть технологии состоит в остекловывании почв и осадков посредством пропускания электрического тока (через вертикальные электроды, введенные в грунт). При переработке с предварительной экскавацией загрязненную почву помещают в футерованный контейнер с двумя или четырьмя графитовыми электродами. После остывания расплава контейнер отправляют на полигон захоронения. Метод требует больших затрат электроэнергии [9]. В трех полномасштабных проектах в США в 1993–1996 гг. было переработано в общей сложности более 15 тыс. т загрязненных почв.

Устройство вертикальных барьеров.

Согласно работе [23], неотъемлемой частью успеха ремедиации является предотвращение горизонтального распространения. Один из способов – создание барьеров ниже по уклону местности или по периметру. Это вертикальные стенки от поверхности до нижнего водоупорного слоя. Вертикальные барьеры замедляют перемещение загрязненных грунтовых вод за пределы загрязненной территории либо ограничивают поступление незагрязненных грунтовых вод на территорию (позволяют снизить гидравлическую проводимость до 10^{-6} см/сек).

Обычные барьеры состоят из цементных (глиняных) стен в выкопанных траншеях; грунтовых завес, создаваемых путем впрыскивания жидкого раствора в скважины; вертикальных цементно-

бентонитовых стен, формирующихся путем заливки жидкого раствора в полости после извлечения свай, забитых в грунт; шпунтовых металлических стен.

Цементированные стенки обычно имеют ширину около 0,5–1,0 м, глубину до 150,0–30,0 м. Смесь бентонита предотвращает движение грунтовых вод и сохраняет конфигурацию траншеи. Траншея заполняется смесью бентонита с почвой, которая вводится постепенно и заполняет поры, формируя стену. Цемент может использоваться в качестве добавки. Система со стальными листами может использоваться при необходимости усиления барьерных функций системы. Активная горизонтальная локализация может быть достигнута путем регулирования уровня грунтовых вод. Для этого используется сеть скважин с откачкой воды.

Локализация загрязнения может быть достигнута также за счет барьеров, используемых для устройства перекрытий (геомембраны и др.). Дополнительно для предотвращения распространения загрязняющих веществ осуществляется заполнение швов цементирующими составами.

Установка вертикальных барьеров (шпунтовой или бетонной стенки) в сочетании с перекрытиями предложена в качестве одного из альтернативных методов очистки/локализации загрязнения ПХБ на территории завод Судостроительной морской корпорации в штате Иллинойс, США [10]. Предполагаемая глубина барьера – около 9 м, общая длина по периметру загрязненной территории – более 730 м.

В работе [33] описывается пример использования вертикальных барьеров, получаемых за счет смешивания грунта и жидкого цементного раствора, подаваемого через специальные шнеки с перемешивающими лопастями. Технология позволяет соорудить барьер на глубину более 35 м. Два загрязненных ПХБ участка на промышленной территории были загрязнены на глубину до 21 м, подстилаемых водоупорным слоем (глиной). В результате работ установлено 23 м^2 вертикального барьера, достигнута требуемая проницаемость барьера – $5 \cdot 10^{-7}$ см/с (состав смеси получен опытным путем). Около 790 м барьера укреплены стальными балками по требованию заказчика для возможности проведения в будущем работ по экскавации загрязненной почвы.

Установка вертикальных барьеров вошла в практику локализации загрязнений и другими органическими соединениями. В частности, для территории, загрязненной креозотом, в штате Орегон, США наряду с укладкой асфальтового перекрытия установлен внутрипочвенный барьер – бентонитовая стена вокруг старого места сушки пропитанной древесины [34]. На эффективность применяемой технологии указывают результаты работ в штате Мичиган на месте пропитки шпал. Для предотвращения выноса загрязняющих веществ с подземными водами в озеро была сооружена проницаемая стенка из органофильной глины толщиной 5,5 м, глубиной более 3,0 м (соотношение глины и гравия 1 : 3; глина модифицирована путем добавления четвертичного аммониевого соединения). Результаты мониторинга подземных вод в скважинах по обе стороны стенки на протяжении двух лет показали отсутствие миграции загрязняющих веществ за пределы барьера [35].

Перекрытие загрязненных участков.

Перекрытие предотвращает непосредственный контакт между рецептором и реципиентом; кроме того, его роль более широкая, нежели исключение прямого физического контакта, он также предотвращает вертикальное распространение.

Согласно Кодексу федеральных правил США [36], перекрытие загрязненных участков осуществляется с соблюдением требований 40 CFR § 761.61(a)(8) с ведением всей сопутствующей документации. После проведения процедуры очистки и, согласно [23], тип перекрытия выбирается исходя из оценки токсичности и мобильности загрязняющих веществ, возможностей их миграции и путей их возможного воздействия.

На практике перекрытия часто используются для локализации загрязнения на полигонах отходов, в таком случае это своего рода консервация загрязнения для принятия мер в будущем. Большие объемы работ по таким территориям проводятся в США [37], где локализация загрязнения проводится путем создания многослойных перекрытий: так, например, при организации хранения загрязненных ПХБ отходов после снятия плодородного слоя почвы в качестве подложки и верхнего покрытия используется геотекстиль, установлена дренажная сеть из геокомпозитных материалов (горизонтальная – для фильтратов и вертикальная – для отвода газа).

Основные подходы и опыт применения технологий по созданию перекрытий (специальных покрышек) прописаны в ряде методических документов (правилах, инструкциях и др.) и обзорах/отчетах [10, 21, 23, 38, 39], разработанных АООС США и его подразделениями, управлением Суперфонда.

При существующем риске попадания загрязняющих веществ в подземные воды в случае с полулетучими органическими соединениями, к которым относятся ПХБ, в перекрытие включается слой с низкой водопроницаемостью с целью исключения или сокращения инфильтрации осадков через загрязненный слой почвы. Для летучих соединений существует возможность создания проницае-

мого перекрытия с возможностью испарения из верхних слоев, что будет вести к естественному снижению концентраций со временем.

В качестве перекрытий используются разные материалы, в том числе чистый грунт/песок, активированный уголь, асфальт. В случае засыпки территории чистым грунтом его толщина должна быть минимум 25 см, при твердом покрытии или асфальте толщина должна составлять не менее 15 см [23].

Типы перекрытий для почв:

– низкопроницаемое перекрытие: подходит для широкого спектра загрязняющих веществ, в том числе для опасных отходов; в качестве материла используются геомембраны, глиняные барьеры, геосинтетические с глиняной прослойкой, бетонные, асфальтобетонные и др. Во многих случаях над слоем перекрытия насыпают почву или дренажную геокомпозицию для устранения избытков воды. Геотекстиль может использоваться как под, так и над перекрытием для защиты и большей надежности конструкции. Слой почвы над перекрытием обычно составляет до 2 футов (около 1,2 м). В зависимости от условий местности толщина слоя может меняться в большую или меньшую сторону. Участок засеивается растительностью либо засыпается гравием или щебнем для предотвращения эрозии и разрушения;

– капиллярный разрыв: предназначен для предотвращения поднятия по капиллярам легкорастворимых соединений; может быть выполнен в виде перекрытия с учетом уровня грунтовых вод. Эффективными материалами являются геотекстиль и геомембраны, но может использоваться и крупнозернистый материал;

– испарительный барьер: препятствует улетучиванию загрязняющих веществ в виде паров и газа; применяется при загрязнении почв ЛОС; простые перекрытия неэффективны; рекомендуются мембранные покрытия, представленные пластиковыми панелями или прорезиненными асфальтовыми эмульсиями, которые наносятся на поверхность почвы; возможно сочетание двух типов перекрытий;

– проницаемое перекрытие: предусматривает водный и воздушный обмен между перекрытой территорией и окружающей средой; используется при условии, что выщелачивающиеся вещества не поступают в грунтовые воды. Предполагают наличие дополнительного слоя поверх проницаемого покрытия для предотвращения эрозии, создания условий произрастания растений; материал для проницаемого слоя может быть разный – от песчано-гравийного до асфальто-бетонного. Тип разделительного слоя между загрязненной поверхностью и перекрытием, требуемый для контроля и поддержания перекрытия в удовлетворительном состоянии, выбирается исходя из общего дизайна перекрытия: если предполагается растительный покров, то этот слой должен быть совместим с корневой системой;

– растительное покрытие: долгосрочная, самоподдерживающаяся система растений, произрастающих на или в загрязненном грунте и снижающая риск до приемлемого уровня. Такое перекрытие имеет, как правило, три слоя: нижний разделительный слой (геомат или почва, отличающаяся по цвету от нижележащего загрязненного слоя), слой чистой почвы (мощностью около 30–45 см), верхний растительный слой;

– испарительная крышка: водно-балансовое перекрытие, создаваемое из почвы и растений для максимального увеличения транспирационных процессов и испарения. Используется для предотвращения образования фильтратов и выщелачивания загрязняющих веществ;

– фиторемедиация: один из видов локализации загрязнения путем создания растительных покрытий с условием специального подбора растений и последующим их контролем; механизмы действия растений различаются; в отношении ПХБ – это ризодеградация (разрушение соединений корневой системой с помощью таких растений, как рис, красная шелковица, травы, гибридный тополь, рогоз).

Для перекрытых участков предполагается ограждение, которое может быть демонтировано в случае проведения дополнительной очистки и достижения допустимых уровней.

Перекрытия часто используются после экскавации наиболее загрязненных грунтов, если остаточные количества загрязняющих веществ превышают установленные критерии. В отдельных случаях требуется создание многослойных перекрытий [40], включающих тканевые фильтры, гравийный и битуминозный слои. Так, в Канаде при проведении работ на бывшей радарной станции при сравнительно невысоких остаточных объемах ПХБ в почвах после очистки (удалено 20 тыс. $м^3$ грунта с общим объемом ПХБ примерно 5 т, или около 96 % загрязняющего вещества) для удаления остаточных количеств ПХБ был создан фильтрационный барьер с помощью гранулированного активированного древесного угля, а затем был добавлен нетканый геотекстиль (принятый критерий содержания ПХБ в почвах для изъятия и удаления, согласно канадскому законодательству – 50 мг/кг); для улавливания поверхностного стока была создана серия прудов-осадителей с фильтрами из геотекстиля.

Технология получила широкое распространение в США, в частности для стабилизации загрязнений почв нефтепродуктами, ПАУ, фенольными соединениями, чаще в качестве временной меры, сопутствующей проведению работ по очистке территорий [41–43]. При очистке бывшей территории предприятия по пропитке древесины в г. Портленде, Орегон после экскавации загрязненного грунта и вывоза его на полигон на участках с уровнями загрязняющих веществ, выше допустимых, сооружено поверхностное непроницаемое перекрытие, состоящее из восьми слоев (снизу вверх): подстилающий слой из песка, полиэтиленовая мембрана высокой плотности, геокомозитный пластиковый материал, дренажный слой из песка, щебень для формирования биотического барьера, геотекстильный материал, плодородный слой почвы, растительность для предотвращения эрозии. Общая мощность непроницаемого перекрытия составила около 70 см [44].

Повышенное внимание вызывают вопросы в отношении загрязненных донных отложений [21]. По данным Суперфонда США в 2012 г. было выбрано 70 мест с загрязненными донными отложениями для очистки и еще 50 – для оценки ситуации. В последние годы особую роль стали играть различные добавки (с сорбционными и стабилизационными свойствами) при устройстве перекрытий, что значительно расширило эффект их использования. Новые составы перекрытий могут применяться при невозможности использования традиционных подходов, в особенности при загрязнении донных отложений гидрофобными загрязнителями (ПАУ, ПХБ, диоксинами и др.). Новые добавки повышают эффективность перекрытий на 1–2 порядка, могут быть введены в геотекстильный мат или другие материалы до или во время нанесения покрытий.

Возможность применения методов локализации ПХБ в Беларуси.

Как известно, загрязненная ПХБ почва является вторичным источником распространения этого загрязнителя в окружающей среде; перераспределение ПХБ с загрязненных участков осуществляется различными путями: с воздушными и водными потоками, механическим переносом, за счет деятельности почвенных животных и т. д. Участки загрязнения, обусловленные утечками ПХБ, обнаруживаются на подстанциях даже спустя 10–15 лет и более после демонтажа и вывоза оборудования. Это свидетельствует о долговременном характере их воздействия.

К настоящему времени на многих подстанциях ПХБ-содержащие конденсаторы демонтированы и перемещены на хранение. Часть оборудования упакована в контейнеры для предотвращения утечек ПХБ, часть – вывезена на утилизацию. Тем самым созданы предпосылки проведения работ по очистке. Начатые на ряде подстанций работы по изъятию наиболее загрязненного грунта и его упаковке не везде выполнимы из-за больших объемов, как например, на подстанции в д. Минойты Лидского района Гродненской области. Кроме того, изъятый грунт хранится на территории тех объектов, где была проведена его экскавация. Даже упакованный в контейнеры он является источником загрязнения окружающей среды за счет процессов испарения ПХБ и их рассеяния.

Необходимость локализации ПХБ на загрязненных участках обусловлена отсутствием доступных технологий по очистке почв и/или загрязненного грунта, а также сложностью их применения в связи с продолжающимся использованием территорий. Поэтому в качестве временной меры, с целью максимального закрепления ПХБ на месте загрязнения и предотвращения их дальнейшего рассеяния, возможно применение поверхностных перекрытий и/или вертикальных барьеров, а также использование активных добавок.

Одним из сдерживающих факторов для реализации технологий очистки и восстановления почв в стране является отсутствие нормативной законодательной базы, касающейся различных аспектов загрязненных почв и их регулирования, в том числе выявления, ведения учета, ответственности, уровней очистки и др. Разработанный и утвержденный в 2012 г. ТКП 17.12-04-2012 (Порядок восстановления территорий, загрязненных стойкими органическими загрязнителями) [45] является первым шагом в этом направлении. Для дальнейшего развития национальных документов представляется полезным учет опыта зарубежных стран.

Заключение.

В целом, выполненный анализ показал, что локализация загрязнения ПХБ может стать эффективным способом по предотвращению их распространения с различными потоками (поверхностными и подземными водами, атмосферным переносом и т. д.). Выполненные к настоящему времени исследования в зарубежных странах, пилотные или полномасштабные проекты свидетельствуют о различных способах снижения биодоступности ПХБ, физического их закрепления в твердой матрице, возможностях создания поверхностных или внутрипочвенных барьеров.

Следует подчеркнуть, что, согласно руководящим документам Стокгольмской конвенции о СОЗ и Базельской конвенции о трансграничной перевозке опасных веществ, при содержании в них ПХБ 50 мг/кг и более должны приниматься меры по их очистке и восстановлению. В этой связи представляется целесообразным рассмотрение широкого спектра экологически безопасных способов, хотя выбор конкретных мер, в том числе по локализации загрязнения, должен приниматься с учетом многих факторов: уровня загрязнения, перечня загрязняющих веществ, опасности загрязнения, свойств загрязненных субстратов и т. д.

Список использованной литературы

1. Stockholm convention on persistent organic pollutants (POPs). Text and Annexes [Electronic resource]. – 2009. – Mode of access: http://www.wipo.int/wipolex/ru/treaties/text.jsp?file_id=194846. – Date of access: 10.11.2017.
2. Загрязнение почв полихлорированными бифенилами в зонах локального воздействия и методы их очистки / Т. И. Кухарчик [и др.] // Природопользование. – 2010. – Вып. 18. – С. 36–44.
3. Полихлорированные бифенилы в почвах Белоруссии: источники, уровни загрязнения, проблемы изучения / Т. И. Кухарчик [и др.] // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 532–540.
4. PCBs in Soil of Belarus: Regional and Local Aspects / T. Kukharchyk [et al.] // Advances in Environmental Research. – 2011. – № 6. – P. 539-552.
5. Козыренко, М. И. Загрязнение почв при производстве лакокрасочных материалов / М.И. Козыренко, Т.И. Кухарчик // Геоэкология. Инженерная экология. Гидрогеология. Гидрокриология. – 2015. – № 3. – С. 230–238.
6. General technical guidelines on the environmentally sound management of wastes of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants [Electronic resource] / UNEP/CHW.13/6/Add.1/Rev.1. – Geneva, 2017. – Mode of access: http://www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP13/tabid/5310/Default.aspx. – Date of access: 15.01.18.
7. Gomes, H. I. Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application / H. I. Gomes, C. Dias-Ferreira, A. B. Ribeiro // Science of the Total Environment. – 2013. – № 445–446. – Pp. 237–260.
8. Lyons, T. Engineering issue: technology alternatives for the remediation of PCB contaminated soils and sediments / T. Lyons, D. W. Grosse, R. A. Parker. – U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/S-13/079, 2013. – 40 p.
9. Reference guide to non-combustion technologies for remediation of persistent organic pollutants in stockpiles and soil. Solid Waste and Emergency Response, EPA, 2005. – 70 p.
10. Feasibility study report for pcb-contaminated soil. OMC Plant 2 Site Waukegan, Illinois. U.S. Environmental Protection Agency, 2012. – 92 p.
11. A review on remediation technologies of PCBs from the contaminated soils or sediments / W. Peng [et al.] // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 955–959. – Pp. 2238–2242.
12. Practical remediation of the PCB-contaminated soils / A. Ido [et al.] // Journal of Environmental Health Science & Engineering. – 2015. – № 13. – Pp. 1–11.
13. Agarwal, S. *In situ* technologies for reclamation of PCB-contaminated sediments: current challenges and research thrust areas / S. Agarwal, S. R. Al-Abed, D. D. Dionysiou // Journal of Environmental Engineering. – 2007. – № 133. – Pp. 1075–1078.
14. Choi, H. Catalytic role of palladium and relative reactivity of substituted chlorines during adsorption and treatment of PCBs on reactive activated carbon / H. Choi, S.R. Al-Abed, S. Agarwal // Environmental Science and Technology. – 2009. – № 43. – Pp. 488–493.
15. Mechanism of the degradation of individual PCB congeners using mechanically alloyed Mg/Pd in methanol / Devor [et al.] // Chemosphere. – 2009. – № 76(6). – Pp. 761–766.
16. Transformation of polychlorinated biphenyls by persulfate at ambient temperature / G.-D. Fang [et al.] // Chemosphere. – 2013. – № 90. – Pp. 1573–1580.
17. Remediation of PCB-contaminated soil using a combination of mechanochemical method and thermal desorption / Z. Zhong-hua [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – № 24. – Pp. 11800–11806.
18. Zhang, H. Integrated nanozero valent iron and biosurfactant-aided remediation of PCB-contaminated soil / H. Zhang, B. Zhang, B. Liu // Applied and Environmental Soil Science. Hindawi Publishing Corporation, 2016. – 11 p.
19. Leachability and Desorption of PCBs from soil and their dependency on ph and dissolved organic matter / S. L. Badea [et al.] // The Science of the Total Environment. – 2014. – № 499. – Pp. 220–227.
20. Review of chemical and electrokinetic remediation of PCBs contaminated soils and sediments / G. Fan [et al.] // Environmental Science: Processes & Impacts. – 2016. – № 18 (9). – Pp. 1140–1156.
21. Use of amendments for in situ remediation at superfund sediment sites. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation [Electronic resource] / OSWER Directive 9200.2-128FS, 2013. – Mode of access: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100GEQW.PDF?Dockey=P100GEQW.PDF. – Date of access: 27.01.2018.
22. Advances in remediation of contaminated sediments using amended capping – North American perspectives [Electronic resource] / M. Mahoney [et al.]. – 2014. – Mode of access: http://www.rpic-ibic.ca/documents/RPICFCS2014/Presentations/2-Mahoney_2014_RPIC_Canada _Amended_Capping_Mohan_ Santiago_Hague_Patmont_ Mahoneyrev_02_no_notes.pdf. – Date of access: 26.01.2018.
23. Technical guidance on the capping of sites undergoing remediation [Electronic resource] / Site Remediation Program. New Jersey Department of Environmental Protection. Version 1.0. – 2014. – Mode of access: http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/srra/capping_remediation_sites. – Date of access: 27.01.2018.
24. Hjartardóttir, S. Remediation of PCB-polluted soil using biochar: the uptake of PCBs in earthworms, plants and passive samplers / S. Hjartardóttir. – University of Oslo, 2017. – 171 p.
25. Denyes, M. J. In situ application of activated carbon and biochar to PCB-contaminated soil and the effects of mixing regime / M. J. Denyes, A. Rutter, B. A. Zeeb // Environmental Pollution. – 2013. – № 182. – Pp. 201–208.
26. The use of biochar to reduce soil PCB bioavailability to Cucurbita pepo and Eisenia fetida / M. J. Denyes [et al.] // Science of The Total Environment. – 2012. – Vol. 437. – Pp. 76–82.

27. Olsta, J. T. Innovative systems for dredging, dewatering or for in-situ capping of contaminated sediments / J. T. Olsta, J. W. Darlington // Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy. – 2005. – Vol. 11. – Art. 20. – Pp. 301–309.

28. Beckingham, B. Field-scale reduction of PCB bioavailability with activated carbon amendment to river sediments / B. Beckingham, U. Ghosh // Environmental Science and Technology. – 2011. – № 45 (24). – Pp. 10567–10574.

29. Long-term monitoring and modeling of the mass transfer of polychlorinated biphenyls in sediment following pilot-scale in-situ amendment with activated carbon / Y. Cho [et al.] // Journal of Contaminant Hydrology. – 2012. – Vol. 129–130. – Pp. 25–37.

30. Pariaa, S. Solidification/stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement: A Literature Review / S. Pariaa, P. K. Yuet // Environmental Reviews. – 2006. – Vol. 14. – Pp. 217–255.

31. Sengupta, A. Solidification and stabilization of contaminated soil / A. Sengupta. – University of New Orleans, 2007. – 40 p.

32. Development of performance specifications for solidification/stabilization // Technical/Regulatory Guidance, Interstate Technology & Regulatory Council. – 2011. – 162 p.

33. Jaspers, B. H. Installation of vertical barriers using deep soil mixing / B. H. Jaspers, D. A. Miller. – 1990. – 4 p.

34. Environmental cleanup site information (ECSI) database site summary report - details for site ID 666 [Electronic resource] / Taylor Lumber & Treating Inc. – Mode of access: http://www.deq.state.or.us/lq/ECSI/ecsidetail.asp?seqnbr=666. – Date of access: 17.12.2017.

35. Permeable reactive barrier: technology update. – Technical/Regulatory Guidance, 2011. – 234 p.

36. 40 CFR Part 761 – Polychlorinated biphenyls (PCBs) Manufacturing, Processing, Distribution in commerce, and use prohibitions [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-761. – Date of access: 22.11.2017.

37. Contaminated site clean-up information [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.clu-in.org. – Date of access: 21.01.2018.

38. Guidance for cover systems as soil performance standard remedies. – Wisconsin Department of Natural Resources. – 2013. – 20 p.

39. Technology performance review: selecting and using solidification/stabilization treatment for site remediation [Electronic resource]. – US EPA, 2009. – Mode of access: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1006AZJ.TXT? ZyActionD=Zy Document. – Date of access: 15.01.18.

40. Martin, M. PCB and heavy metal soil remediation, former boat yard, South Dartmouth, Massachusetts [Electronic resource] / M. Martin, M. Richards // International Journal of Soil, Sediment and Water. – 2009. – Vol. 2, Issue 1. – Article 5. – Mode of access: http://scholarworks.umass.edu/intljssw/vol2/iss1/5. – Date of access: 22.12.2017.

41. American creosote works – Pensacola pit [Electronic resource]. – Pensacola, Florida, 1982. – Mode of access: http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/wc/sites/summary/002.pdf. – Date of access – 02.06.2016.

42. Former koppers wood treating site. Koppers open house – July 16, 2013 and Protective Clean-up Overview [Electronic resource] /. – Illinois, 2013. – Mode of access: https://www3.epa.gov/region5/cleanup/rcra/koppers/pdfs/ koppers-newsletter-201307.pdf. – Date of access: 29.04.2016.

43. EPA proposes to remove Manville, New Jersey site from Superfund List after successful cleanup [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.google.by/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjFgMK1ibDZAhULKFAKHQKDD6MQFgg_MAA&url=https%3A%2F%2Fyosemite.epa.gov%2Fopa%2Fadmpress.nsf%2F0%2FA6E27FD9E30A43DF85257C9400476773&usg=AOvVaw3sZya86aY6EQk-wHpy7 TX4. – Date of access: 01.04.2017.

44. Preliminary close out report. McCormick & Baxter Creosoting Company. Superfund Site. Portland, Oregon, 2005 [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.mandbsuperfund.com/Shared%20Documents/2006%20Five%20Year%20Review/5%20Year%20Review%202006%20(Sept%2025,%202006).pdf. – Date of access: 1.04.2017.

45. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Порядок восстановления территорий, загрязненных стойкими органическими загрязнителями = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэрыторыі. Парадак узнаўлення тэрыторый, забруджаных стойкімі арганічнымі забруджвальнікамі : ТКП 17.12-04-2012 (02120). – Введ. 29.12.2012. – Минск : Минприроды, 2012. – 26 с.

References

1. Stockholm convention on persistent organic pollutants (POPs). Text and Annexes (2009). Available at: http://www.wipo.int/wipolex/ru/treaties/text.jsp?file_id=194846 (accessed 10 November 2017).

2. Kukharchyk T. I., Kakareka C. V., Khomich V. S., Kazyrenka M. I., Kurman P. V., Lapko T. L., *Gorodetskiy D. Yu. Zagriaznenie pochv polihlorirovannymi bifenilami v zonah lokalnogo vozdeistviya i metody ih ochistki* [Soil pollution by polychlorinated biphenyl in impact zone and methods of remediation]. *Prirodopol'zovanie, sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management National Academy of Sciences of Belarus «Nature Management».* Minsk, 2010, no. 18, pp. 36–44 (in Russian).

3. Kukharchyk T. I., Kakareka S. V., Khomich V. S., Kurman P. V., Voropay E. N. Polychlorinated biphenyls in soils of Belarus: Sources, contamination levels, and problems of study. *Eurasian Soil Science*, 2007, vol. 40, issue 5, pp. 485–492.

4. Kukharchyk T., S. Kakareka, V. Khomich, P. Kurman. PCBs in Soil of Belarus: Regional and Local Aspects. *Advances in Environmental Research*, 2011, no 6. pp. 539–552.

5. Kazyrenka M. I., Kukharchyk T. I. *Zagryaznenie pochv pri proizvodstve lakokrasochnyh materialov* [Soil pollution in impact zone of paint and varnish manufacture]. *Geoekologiya. Inzhenernaya ekologiya. Gidrogeologiya. Gidrokriologiya.* = *Geoecology. Engineering ecology. Hydrogeology. Hydrocryology,* 2015, no. 3, pp. 230–238 (in Russian).

6. General technical guidelines on the environmentally sound management of wastes of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants. UNEP/CHW.13/6/Add.1/Rev.1. Geneva (2017). Available at: http://www.basel.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP13/tabid/5310/Default (accessed 10 January 2018).

7. Gomes H. I., Dias-Ferreira C., Ribeiro A. B. Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application. *Science of the Total Environment*, 2013, no. 445–446, pp. 237–260. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.11.098.

8. Lyons T., Grosse D. W., Parker R. A. Engineering Issue: Technology Alternatives for the Remediation of PCB Contaminated Soils and Sediments. Washington, U. S. Environmental Protection Agency, DC, EPA/600/S-13/079, 2013, 40 p.

9. Reference guide to non-combustion technologies for remediation of persistent organic pollutants in stockpiles and soil. Solid Waste and Emergency Response, EPA, 2005. 70 p.

10. Feasibility Study report for PCB-contaminated soil. OMC Plant 2 Site Waukegan, Illinois. U.S. Environmental Protection Agency, 2012. 92 p.

11. Peng W., Dong Fang Z., Qiao H., Long Hao Q., Zhang K., Bo Yu H. A Review on remediation technologies of PCBs from the contaminated soils or sediments. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 955–959, pp. 2238–2242. doi: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.955-959.2238.

12. Ido A., Niikawa M., Ishihara S., Sawama Y., Nakanishi T., Monguchi Y., Sajiki H., Nagase H. Practical remediation of the PCB-contaminated soils. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 2015, no. 13, pp. 1–11. doi: 10.1186/s40201-015-0158-2.

13. Agarwal S., Al-Abed S. R., Dionysiou D. D. In situ technologies for reclamation of PCB-contaminated sediments: current challenges and research thrust areas. *Journal of Environmental Engineering*, 2007, no. 133, pp. 1075–1078.

14. Choi H., Al-Abed S. R., Agarwal S. Catalytic role of palladium and relative reactivity of substituted chlorines during adsorption and treatment of PCBs on reactive activated carbon. *Environmental Science and Technology*, 2009, no. 43, pp. 488–493.

15. Devor R., Carvalho-Knighton K., Aitken B., Maloney P. Holland E., Talalaj L., Geiger C. L. Mechanism of the degradation of individual PCB congeners using mechanically alloyed Mg/Pd in methanol. Chemosphere, 76, pp. 761–766. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.05.007.

16. Fang G. D., Dionysiou D. D., Zhou D. M., Wang Y., Zhu X. D., Fan J. X., Cang L., Wang Y. Transformation of polychlorinated biphenyls by persulfate at ambient temperature. *Chemosphere,* 2013, no. 90, pp. 1573–1580. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.07.047.

17. Zhao Z. H., Li X. D., Ni M. J., Chen T., Yan J. H. Remediation of PCB-contaminated soil using a combination of mechanochemical method and thermal desorption. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, no. 24, pp. 11800–11806. doi: 10.1007/s11356-017-8734-x.

18. Zhang, H., Zhang B., Liu B. Integrated nanozero valent iron and biosurfactant-aided remediation of PCB-contaminated soil. Applied and Environmental Soil Science. Hindawi Publishing Corporation, 2016, 11 p.

19. Badea S. L., Mustafa M., Lundstedt S., Tysklind M. Leachability and desorption of PCBs from soil and their dependency on pH and dissolved organic matter. *The Science of the Total Environment*, 2014, no. 499, pp. 220–227. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.08.031.

20. Fan G., Wang Y., Fang G., Zhu X., Zhou D. Review of chemical and electrokinetic remediation of PCBs contaminated soils and sediments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2016, no. 18 (9), pp. 1140–1156.

21. Use of amendments for in situ remediation at superfund sediment sites. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation. OSWER Directive 9200.2-128FS (2013). Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100GEQW.PDF?Dockey=P100GEQW.PDF (accessed 27 January 2018).

22. Mahoney M., Santiago R., Hague W., Clay P. Advances in remediation of contaminated sediments using amended capping – North American perspectives (2014). Available at: http://www.rpic-ibic.ca/documents/RPIC_FCS2014/Presentations/2-Mahoney_2014_RPIC_Canada_Amended_Capping_Mohan_Santiago_Hague_Patmont_Mahoneyrev_02_no_notes.pdf (accessed 26 January 2018).

23. Technical guidance on the capping of sites undergoing remediation. Site Remediation Program. New Jersey Department of Environmental Protection. Version 1.0 (2014). Available at: http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/srra/capping_remediation_sites (accessed 27 January 2018).

24. Hjartardóttir, S. Remediation of PCB-polluted soil using biochar: the uptake of PCBs in earthworms, plants and passive samplers. University of Oslo, 2017, 171 p.

25. Denyes, M. J., Rutter A., Zeeb B. A. In situ application of activated carbon and biochar to PCB- contaminated soil and the effects of mixing regime. *Environmental Pollution*, 2013, no. 182, pp. 201–208. doi: 10.1016/j.envpol.2013.07.016.

26. Denyes M. J., Langlois V. S., Rutter A., Zeeb B. A. The use of biochar to reduce soil PCB bioavailability to Cucurbita pepo *and* Eisenia fetida. *Science of the Total Environment*, 2012, vol. 437, pp. 76–82. doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.07.081.

27. Olsta J. T., Darlington J. W. Innovative systems for dredging, dewatering or for in-situ capping of contaminated sediments. *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments*, *Water and Energy*, 2005, vol. 11, art. 20, pp. 301–309.

28. Beckingham B., Ghosh U. Field-scale reduction of PCB bioavailability with activated carbon amendment to river sediments. *Environmental Science and Technology,* 2011, no. 45(24), pp. 10567–10574. doi: 10.1021/es202218p.

29. Cho Y. M., Werner D_, Choi Y_, Luthy R. G_ Long-term monitoring and modeling of the mass transfer of polychlorinated biphenyls in sediment following pilot-scale in-situ amendment with activated carbon. *Journal of Contaminant Hydrology,* 2012, vol.129–130, pp. 25-37. doi: 10.1016/j.jconhyd.2011.09.009.

30. Pariaa S., Yuet P. K. Solidification/stabilization of organic and inorganic contaminants using portland cement : a literature review. *Environmental Reviews,* 2006, vol. 14, pp. 217–255. doi: https://doi.org/10.1139/a06-004.

31. Sengupta A. Solidification and stabilization of contaminated soil. University of New Orleans, 2007, 40 p.

32. Development of performance specifications for solidification/stabilization. Technical/Regulatory Guidance. Interstate Technology & Regulatory Council, 2011, 162 p.

33. Jaspers B. H., Miller D. A. Installation of vertical barriers using deep soil mixing. 1990, 4 p.

34. Environmental cleanup site information (ecsi) database site summary report – details for site ID 666, Taylor Lumber & Treating Inc. Available at: http://www.deq.state.or.us/lq/ECSI/ecsidetail. asp?seqnbr=666 (accessed 17 December 2017).

35. Permeable reactive barrier: technology update. *Technical/Regulatory Guidance,* 2011, 234 p.

36. 40 CFR Part 761 – Polychlorinated biphenyls (PCBs) manufacturing, processing, distribution in commerce, and use prohibitions. Available at: https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-761 (accessed 22 December 2017).

37. Contaminated site clean-up information. Available at: http://www.clu-in.org (accessed 21 January 2018).

38. Guidance for cover systems as soil performance standard remedies. Wisconsin Department of Natural Resources, 2013, 20 p.

39. Technology performance review: selecting and using solidification/stabilization treatment for site remediation (2009). Available at: https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1006AZJ.TXT? ZyActionD=Zy Document (accessed 15 January 18).

40. Martin M., Richards M. PCB and heavy metal soil remediation, former boat yard, South Dartmouth, Massachusetts. *International Journal of Soil, Sediment and Water,* 2009, vol. 2, issue 1, art. 5. Available at: http://scholarworks.umass.edu/intljssw/vol2/iss1/5 (accessed 22 December 2017).

41. American creosote works – Pensacola pit, Pensacola, Florida (1982). Available at: http://www.dep.state.fl.us/waste/quick_topics/publications/wc/sites/summary/002.pdf (accessed 2 June 2016.

42. Former koppers wood treating site. Koppers open house – July 16, 2013 and Protective Clean-up Overview (2013). Available at: https://www3.epa.gov/region5/cleanup/rcra/koppers/pdfs/koppers-newsletter-201307.pdf (accessed 29 April 2016).

43. EPA proposes to remove manville, New Jersey Site from Superfund list after successful cleanup. Available at: https://www.google.by/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjFgMK1ibDZAhULKFAKHQKDD6MQFgg_MAA&url=https%3A%2F%2Fyosemie.epa.gov%2Fopa%2Fadmpress.nsf%2F0%2FA6E27FD9E30A43DF85257C9400476773&usg=AOvVaw3sZya86aY6EQk-wHpy7 TX4 (accessed 1 April.2017).

44. Preliminary close out report. McCormick & Baxter Creosoting Company. Superfund Site. Portland, Oregon (2005). Available at: http://www.mandbsuperfund.com/Shared%20Documents/2006%20Five%20Year%20Review/5%20Year%20Review%202006%20(Sept%2025,%202006).pdf (accessed 1 April 2017).

45. *Ohrana okruzhaushchei sredy i prirodopolzovaniye. Territorii. Poriadok vosstanovleniya territoriy, zagriaznionnyh stoykimi orhanicheskimi zagriaznitielami* [Environmental protection and nature use. Territories. Procedure (order) of rehabilitation of territories polluted with persistent organic pollutants : TKP 17.12-04-2012 (02120)]. Entered into force 29.12.2012. Minsk : Ministry of natural recourses and environmental protection Publ., 2012. 26 p. (in Russian and Belarusian).

Информация об авторах

Кухарчик Тамара Иосифовна – д-р геогр. наук, гл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kukharchyk@mail.ru

Козыренко Маргарита Ивановна – канд. геогр. наук, науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: margarita_kozyrenko@tut.by

Information about the authors

Tamara I. Kukharchyk – D.Sc. (Geography), Chief Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kukharchyk@mail.ru

Marharyta I. Kazyrenka – Ph.D. (Geography), Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: margarita_kozyrenko@tut.by

ГЕОЛОГИЯ. ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
GEOLOGY. MINERALS

УДК 551.8(476.7)

Поступила в редакцию 27.06.2018
Received 27.06.2018

ЛАНДШАФТЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В КЛИМАТИЧЕСКОМ ОПТИМУМЕ МУРАВИНСКОГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ

А. В. Матвеев, Т. Б. Рылова

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты реконструкции палеоландшафтов, существовавших на территории западной части Белорусского Полесья в климатическом оптимуме муравинского межледниковья, в основу которой положены палеогеоморфологическая схема, составленная по материалам изучения разрезов скважин, расположенных в районе исследований, состав отложений, примерная глубина залегания грунтовых вод, а также данные о составе флоры и характере растительности в самой теплой фазе муравинского межледниковья.

Ключевые слова: Белорусское Полесье; муравинское межледниковье; палеогеоморфологическая схема; палинофлора; растительность; палеоландшафты.

Для цитирования. Матвеев А. В., Рылова Т. Б. Ландшафты западной части Белорусского Полесья в климатическом оптимуме муравинского межледниковья // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 83–94.

LANDSCAPES OF THE BELARUSIAN POLESIE WESTERN AREA DURING THE CLIMATIC OPTIMUM OF THE MURAVIAN INTERGLACIAL

A. V. Matveyev, T. B. Rylova

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The paleolandscapes existed in the western area of the Belarusian Polesie region during the climatic optimum of the Muravian Interglacial were reconstructed. This work was based on the paleogeomorphological chart compiled with the core data of boreholes located in the investigation area, the composition of sediments, an approximate depth to the groundwater table, as well as on the evidences of the flora and vegetation in the warmest phase of the Muravian Interglacial obtained as the result of the palynological studies of the relevant sediments.

The data available suggest that the flat landscapes of the temperate continental broad-leaved forest type existed in the investigation area at that time. This type of landscapes is divided into 5 groups including 9 kinds and 17 varieties.

The represented chart of the paleolandscapes reflects an absolute predominance of the broad-leaved forests with the considerable participation of the West European species peculiar to the areas with the warmer oceanic climate. The completed reconstructions can be used to forecast the possible future changes in the natural and climatic conditions in the territory of Belarus both under the natural development of the climate growing colder, and under the global warming conditions.

Key words: Belarusian Polesie; Muravian Interglacial; paleomorphological chart; palynoflora; vegetation; paleolandscapes.

For citation. Matveyev A. V., Rylova T. B. Landscapes of the Belarusian Polesie western area during the climatic optimum of the Muravian Interglacial. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 83–94.

Актуальными задачами в системе мер по обеспечению устойчивого социально-экономического развития региона Белорусского Полесья являются сохранение естественного состояния уникальных природных комплексов, охрана окружающей среды, снижение рисков природного и техногенного характера и создание благоприятных условий для жизнедеятельности населения.

В последние годы значительное количество исследований посвящено вопросам восстановления естественных ландшафтов этого региона. Совершенно очевидно, что для обоснованного проведения реабилитационных работ, научного обоснования природно-охранных мероприятий и построения прогнозных моделей развития растительности в условиях изменяющегося климата необходимо изучение истории формировании ландшафтов в четвертичное время, в том числе и под влиянием деятельности человека. Данные исследования неразрывно связаны с фундаментальной научной проблемой современного ландшафтоведения – изучением основных закономерностей формирования и эволюции ландшафтов.

Одной из главных задач, выполнение которых предусматривалось заданием «Исследование эволюции ландшафтов территории Брестского Полесья в позднеплейстоценовое и голоценовое время с целью районирования территории по степени экологической безопасности» ГПНИ «Природопользование и экология», являлось выявление направлений изменения природной обстановки на территории западной части Белорусского Полесья в позднем плейстоцене и голоцене под воздействием климатических изменений и антропогенной деятельности, а также построение палеоландшафтных схем для оптимума муравинского межледниковья, оптимума и позднего голоцена.

В основу работы по реконструкции палеоландшафтов, существовавших на территории западной части Белорусского Полесья в климатическом оптимуме муравинского межледниковья, положены данные о палеогеографических особенностях территории исследований в муравинское время [1–3 и др.], палеогеоморфологическая схема, составленная по материалам изучения разрезов скважин, расположенных в районе исследований [4], а также данные о составе флоры и характере растительности в самой теплой фазе муравинского межледниковья [5], полученные в результате палинологических исследований геологических разрезов, расположенных на территории западной части Белорусского Полесья и прилегающих районов, в том числе Польши и Украины [6–10 и др.].

Материалы палинологических исследований межледниковых отложений муравинского возраста и их сравнительный анализ с соответствующими данными по другим регионам Беларуси позволили выявить региональные особенности состава флоры и характера растительности муравинского времени в исследуемом регионе. Согласно полученным данным, самому теплому времени климатического оптимума муравинского межледниковья на территории исследований отвечает фаза *Corylus–Quercus–Ulmus–Carpinus (+Taxus+Vitis+Hedera),* когда в западной части Белорусского Полесья произрастали преимущественно широколиственные дубово-лещиновые, дубово-грабовые леса со значительной примесью вяза, липы, ясеня, клена и др. В виде примеси в составе лесов встречался тисс ягодный, произрастали виноград лесной и плющ обыкновенный. Широкое развитие формаций из ольхи черной свидетельствует о существовании заболоченных ландшафтов [11].

При выявлении особенностей распространения растительности как одного из важнейших элементов ландшафтов в зависимости от экологических факторов (приуроченности к определенным типам рельефа, особенностей подстилающих пород, различной степени увлажнения) использован принцип актуализма, т. е. предполагалось, что ландшафты прошлого имели сходные с современными особенности формирования [12–14].

Схема палеоландшафтов юго-западной части Белорусского Полесья в оптимуме муравинского межледниковья представлена на рисунке.

Полученные данные свидетельствуют о том, что на территории исследований в это время существовали ландшафты, которые относятся к классу равнинных ландшафтов, умеренно-континентальному широколиственно-лесному типу. Данный тип подразделен на 5 родов, в составе которых выделены 9 видов и 17 подвидов ландшафтов.

I. Грядово-увалисто-холмистые лесные ландшафты на песчаных, песчано-гравийных и супесчаных отложениях (включают 2 вида и 6 подвидов).

I.1. Грядово-холмистые лесные ландшафты с глубинами залегания грунтовых вод ниже 5 м, с суходольными дубравами, местами с участием граба и лещины, с сосново-дубовыми лесами и ксерофитным редколесьем на карбонатных отторженцах.

I.1а. Грядово-холмистые ландшафты с суходольными дубравами с участием лещины распространены, главным образом, в северной части региона исследований. Здесь произрастали дубравы, в которых основным эдификатором был дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), отмечались дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl.) и дуб пушистый (*Quercus pubescens* Willd.), другие древесные породы встречались лишь в виде незначительной примеси. Такие дубравы, по-видимому, имели сходство с современными дубравами орляково-черничными, представленными двумя экологически близкими типами леса: дубравой орляковой (*Quercetum pteridiosum*) и дубравой черничной (*Q. myrtillosum*), произрастающими на повышенных ровных или всхолмленных элементах рельефа [12], но отличались от них отсутствием либо редким участием граба.

I.1б. Грядово-холмистые ландшафты с дубравами грабовыми с участием лещины, подлеском из калины, крушины, бирючины и др.

Рассматриваемые ландшафты распространены в западной части региона исследований. Леса представлены преимущественно суходольными дубравами грабовыми с участием лещины, сходными с современными дубравами полесского типа, в формировании которых заметное участие принимал граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.), на что указывает повышенное содержание пыльцы граба в исследованных разрезах. Подлесок образовывали калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), крушина ольховидная (*Frangula alnus* Mill.), бересклет европейский (*Euonymus europaea* L.), свидина кроваво-красная (*Cornus sanguinea* L.) и др.

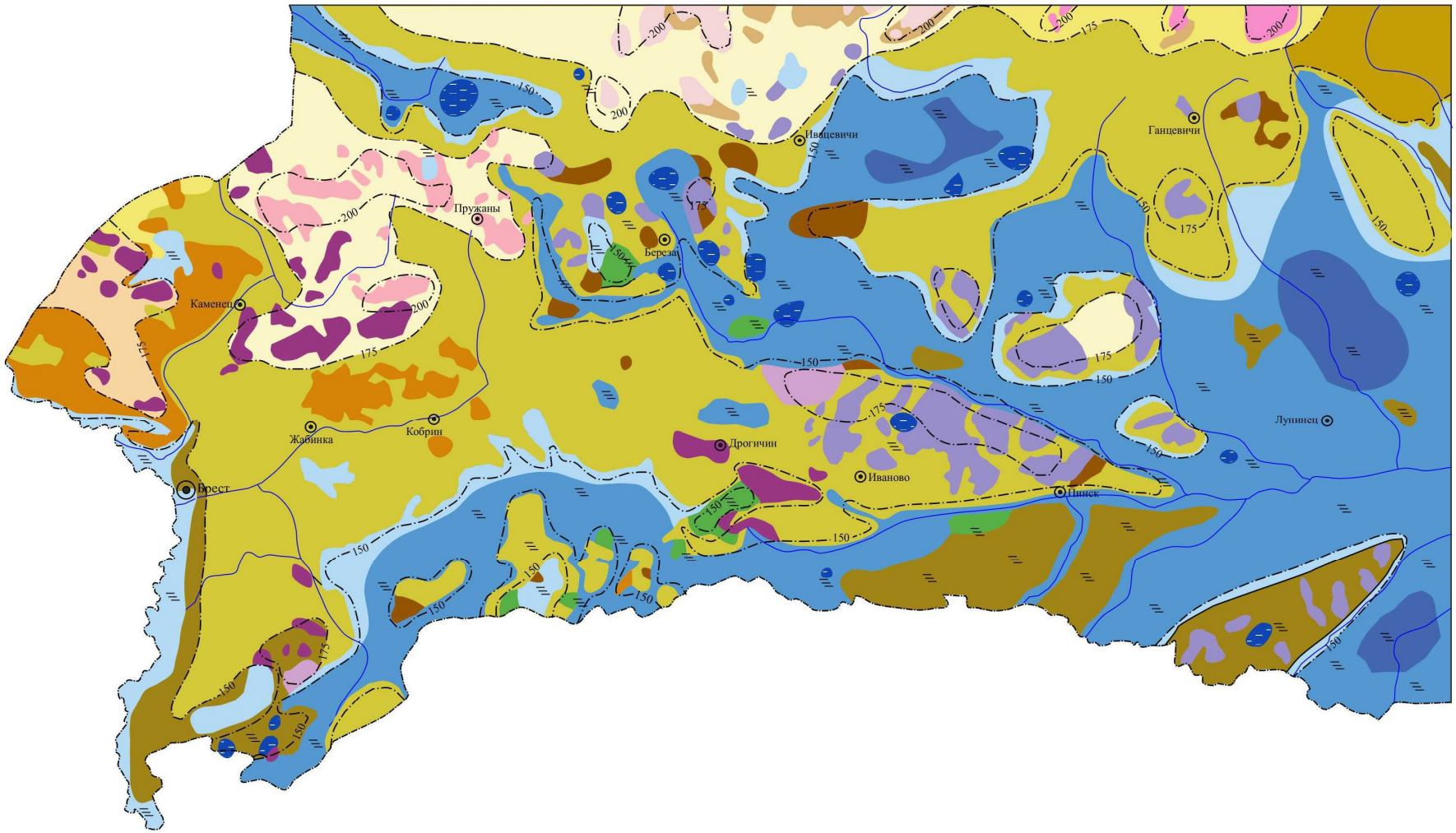


Схема палеоландшафтов юго-западной части Белорусского Полесья в оптимуме муравинского межледниковья

Scheme of the paleolandscapes of the western part of the Belarusian Polesie Area in the climatic optimum of the Muravian Interglacial

У с л о в н ы е о б о з н а ч е н и я:

I. Грядово-увалисто-холмистые лесные ландшафты на песчаных, песчано-гравийных и супесчаных отложениях.
I.1. Грядово-холмистые ландшафты с глубинами залегания грунтовых вод более 5 м, с суходольными дубравами, местами с участием граба и лещины, с сосново-дубовыми лесами и ксерофитным редколесьем на карбонатных отторженцах

L e g e n d:
I. Ridged and undulating hilly forest landscapes on the sandy, sandy-gravel and sandy-loam sediments.
I.1. Ridged hilly landscapes with a depth to the groundwater table more than 5 m, with the dry oak forests, sometimes with the hornbeam and hazel participation, with the pine-oak forests and xerophytic light forests on the carbonate erratic masses

I.1а грядово-холмистые ландшафты с суходольными дубравами, с участием лещины
ridged hilly landscapes with the dry oak forests with the participation of hazel

I.1б грядово-холмистые ландшафты с дубравами грабовыми, с участием лещины, подлеском из калины, крушины, бирючины и др.
ridged hilly landscapes with the oak and hornbeam forests, filbert participation and an undergrowth of arrow-wood, buckthorn, privet, etc.

I.1в грядово-холмистые ландшафты со смешанными сосново-дубовыми лесами, с участием липы, граба, лещины, бересклета и др.
ridged hilly landscapes with the mixed pine-oak forests and participation of lime, hornbeam, hazel, euonymus, etc.

I.1г холмистые ландшафты с широким распространением карбонатных отторженцев, с ксерофитным редколесьем из дуба с участием граба и лещины, в понижениях – с тисом
hilly landscapes with abundant carbonate erratic masses, the xerophytic light oak forests and the participation of hornbeam, hazel, and some yew-trees in lowlands

I.2. Грядово-увалистые ландшафты, с глубинами залегания грунтовых вод менее 5 м, с дубравами, дубравами грабовыми с кленом, липой, лещиной, рябиной и др.
I.2. Ridged undulating landscapes with a depth to the groundwater table less than 5 m, with oak forests, hornbeam-oak forests and the participation of maple, lime, hazel, ash, etc.

I.2а грядово-увалистые ландшафты с дубравами, редким участием лещины, рябины, бересклета, калины и др.
ridged undulating landscapes with the oak forests and scarse hazel, wild ash, euonymus, arrow-wood, etc.

I.2б грядово-увалистые ландшафты с дубравами грабовыми, с участием клена, липы, ольхи, лещины, рябины, подлеском из бересклета, крушины, бирючины и др.
ridged undulating landscapes with the hornbeam-oak forests, participation of maple, lime, alder, hazel, wild ash and an undergrowth of euonymus, buckthorn, privet, etc.

II. Волнистые, пологоволнистые и мелкохолмистые лесные ландшафты на моренных супесях и суглинках
II.1. Волнистые и мелкохолмистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод более 2 м, с дубовыми лесами со значительным участием граба, ясеня, клена, липы, лещины и др. и сосново-широколиственными (дуб, граб, липа, клен, лещина) лесами

II. Undulating, gently undulating and hummocky forest landscapes on the morainic sandy loams and loams
II.1. Undulating and hummocky landscapes with a depth to the groundwater table more than 2 m, with the oak forests with a considerable participation of hornbeam, ash, maple, lime, hazel, etc., and the pine and broad-leaved (oak, hornbeam, lime, maple, hazel) forests

II.1а волнистые и мелкохолмистые ландшафты с дубовыми лесами, значительным участием граба, ясеня, клена, липы, вяза, лещины, ольхи, подлеском из бересклета, калины, крушины, плюща и винограда лесного
undulating and hummocky landscapes with the oak forests, a considerable participation of hornbeam, ash, maple, lime, elm, hazel, alder, and an undergrowth of euonymus, arrow-wood, buckthorn, ivy and woodland grape

II.1 б волнистые и мелкохолмистые ландшафты с сосново-широколиственными (дуб, граб, липа, клен, лещина) лесами
undulating and hummocky landscapes with the pine and broad-leaved (oak, hornbeam, lime, maple, hazel) forests

II.2. Волнистые и пологоволнистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод менее 2 м, с дубравами с примесью широколиственных пород и ольхи; с дубово-ясеневыми и дубово-черноольхово-ясеневыми лесами

II.2. Undulating and gently undulating landscapes with a depth to the groundwater table less than 2 m, with oak forests with some addition of broad-leaved species and alder; with the oak-ash and oak-black alder-ash forests

II.2а — волнистые и пологоволнистые ландшафты с дубравами, с участием других широколиственных пород (ясеня, клена, граба, липы, лещины) и ольхи, подлеском из бересклета, крушины, смородины, бирючины, плюща и винограда лесного

undulating and gently undulating landscapes with the oak forests, with the participation of the other broad-leaved species (ash-tree, maple, hornbeam, lime, hazel) and alder, and an underbrush of euonymus, buckthorn, currant, privet, ivy, and woodland grape

II.2б — пологоволнистые сильно увлажненные ландшафты с дубово-ясеневыми и дубово-черноольхово-ясеневыми лесами, с примесью других широколиственных пород, изредка – березы

gently undulating heavily wetted landscapes with oak and ash, oak, black alder and ash forests and an admixture of the other broad-leaved species, rarely – birch

III. Волнистые и пологоволнистые лесные ландшафты на флювиогляциальных разнозернистых песках
III.1. Волнистые и пологоволнистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод более 2 м, с широколиственными дубовыми лесами с участием граба, вяза, липы, клена, лещины, а также с хвойно-широколиственными сосново-дубовыми лесами с участием граба, липы, клена, вяза, лещины

III. Undulating and gently undulating forest landscapes on the fluvioglacial assorted sands
III.1. Undulating and gently undulating landscapes with a depth to the groundwater table more than 2 m, with the broad-leaved forests and the participation of hornbeam, elm, lime, maple, hazel, as well as the coniferous and broad-leaved pine and oak forests with hornbeam, lime, maple, elm and hazel

III.1а — волнистые и пологоволнистые ландшафты с широколиственными, преимущественно дубовыми лесами, с участием граба, вяза, липы, клена, лещины, с кустарниками в подлеске

undulating and gently undulating landscapes with the broad-leaved, mainly, oak forests and the participation of hornbeam, elm, lime, maple, hazel, and the bushes in the undergrowth

III.1б — волнистые и пологоволнистые ландшафты с хвойно-широколиственными, преимущественно сосново-дубовыми лесами, с участием граба, липы, клена, вяза, лещины

undulating and gently undulating landscapes with the coniferous and broad-leaved, mainly, pine-oak forests, with the participation of hornbeam, lime, maple, elm and hazel

III.2. Пологоволнистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод менее 2 м, с дубово-лещиновыми лесами, с участием других широколиственных пород и сосново-широколиственными лесами

III.2. Gently undulating landscapes with a depth to the groundwater table less than 2 m, with the oak and hazel forests and the participation of the other broad-leaved species, and the pine and broad-leaved forests

III.2а — пологоволнистые ландшафты с дубово-лещиновыми лесами, с участием других широколиственных пород (граба, ясеня, клена, липы, вяза)

gently undulating landscapes with the oak and hazel forests and the participation of the other broad-leaved species (hornbeam, ash, maple, lime and elm)

III.2б — пологоволнистые ландшафты с сосново-широколиственными (дуб, граб, липа, клен, реже – вяз, лещина) лесами

gently undulating landscapes with the pine and broad-leaved (oak, hornbeam, lime, maple, rarely – elm, hazel) forests

III.2в — пологоволнистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод вблизи земной поверхности, с черноольховыми фитоценозами и низинными болотами

gently undulating landscapes with the groundwater occurring near the earth's surface, with the black alder phytocenosis and lowland bogs

IV. Плоские лесные ландшафты на озерно-ледниковых суглинках и глинах

IV. Flat forest landscapes on the lacustrine-glacial loams and clays

IV.1 плоские лесные ландшафты на озерно-ледниковых суглинках и глинах, с глубиной залегания грунтовых вод менее 1 м, с широколиственно-черноольховыми (дубово-ясенево-черноольховыми) лесами, с подлеском из рябины, крушины, калины и др., с верховыми и переходными болотами

flat forest landscapes on the lacustrine-glacial loams and clays, with a depth to the groundwater table less than 1 m, with broad-leaved and black-alder (oak-ash-black-alder) forests and an undergrowth of wild ash, buckthorn, arrow-wood, etc., with the upland and transitional bogs

V. Плоские лесные ландшафты на озерно-аллювиальных песках и супесях

V.1. Flat forest landscapes on the lacustrine-alluvial sands and sandy loams

V.1 плоские ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод более 1 м, с дубовыми лесами, примесью ясеня, осины, ольхи, граба, лещины, с подлеском из крушины, бересклета, смородины и др.

flat landscapes with a depth to the groundwater table more than 1 m, with the oak forests and some addition of ash, aspen, alder, hornbeam, hazel, and an undergrowth of buckthorn, euonymus, currant, etc.

V.2. Плоские ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод менее 1 м, с дубравами ольхово-пойменными, с черноольховыми лесами и низинными болотами

V.2. Flat landscapes with a depth to the groundwater table less than 1 m, with the floodplain alder forests and the black alder and lowland bogs

V.2а плоские ландшафты с дубравами ольхово-пойменными, с подлеском из бересклета, крушины и др.

flat landscapes with the floodplain alder forests and an undergrowth of euonymus, buckthorn, etc.

V.2б плоские ландшафты с залеганием грунтовых вод вблизи земной поверхности, с черноольховыми лесами и низинными болотами

flat landscapes with the groundwater occurring near the earth's surface, with the black alder forests and lowland bogs

Прочие обозначения:
Other symbols:

озерные котловины
lake basins

изогипсы
isohypsums

I.1в. Грядово-холмистые ландшафты со смешанными сосново-дубовыми лесами с участием липы, граба, лещины, бересклета и др.

Ландшафты распространены в северо-восточной части территории исследований. В отличие от других районов, как свидетельствуют палинологические данные, в состав древостоя входила сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), произрастали смешанные, преимущественно сосново-дубовые леса, в которых главная роль принадлежала дубу черешчатому (*Quercus robur*); отмечались дуб скальный (*Quercus petraea*) и дуб пушистый (*Quercus pubescens*). Присутствовала липа, представленная несколькими видами (липа: сердцевидная – *Tilia cordata* Mill., крупнолистная – *Tilia platyphyllos* Scop.), участие которой заметно снижалось в западном направлении, а также граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*) и некоторые другие широколиственные породы. В подлеске встречался бересклет европейский (*Euonymus europaea*) и другие кустарники.

I.1г. Холмистые ландшафты с широким распространением карбонатных отторженцев, с ксерофитным редколесьем из дуба с участием граба и лещины, в понижениях – с тиссом.

Данные ландшафты выделены в местах распространения карбонатных меловых отторженцев. На таких участках могли произрастать дубовые леса с заметным участием не только дуба черешчатого (*Quercus robur*), но и дуба пушистого (*Quercus pubescens*), предпочитающего преимущественно карбонатные почвы и образующего ксерофитные редколесья. Дуб пушистый в настоящее время ши-

роко распространен в сухих субтропиках, где произрастает на сухих, каменистых известковых почвах со слаборазвитым почвенным слоем. Отличается большой засухоустойчивостью, образует чистые дубравы или вместе со скальным дубом, грабом и др. Здесь же могли селиться дуб скальный (*Quercus petraea*), граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana),* бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.) и другие кустарники. В крайних западных районах Полесья на почвах с высоким содержанием карбонатов встречались тис ягодный (*Taxus baccata* L.) [10] и скумпия обыкновенная (*Cotinus coggygria* Scop = *Rhus cotinus* L.) [15], предпочитающие известковые достаточно увлажненные почвы.

I.2. Грядово-увалистые лесные ландшафты с глубинами залегания грунтовых вод выше 5 м, с дубравами, дубравами грабовыми с кленом, липой, лещиной, рябиной и др.

I.2а. Грядово-увалистые ландшафты с дубравами, редким участием лещины, рябины, подлеском из бересклета, калины и др.

Распространены в центральной и юго-восточной части территории исследований. Лесная растительность была представлена суходольными дубравами, в которых основную роль играл дуб черешчатый (*Quercus robur*), изредка встречались дуб скальный (*Quercus petraea),* дуб пушистый (*Quercus pubescens*), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*). Редкий подлесок создавали кустарники, в том числе бересклет европейский (*Euonymus europaea*), калина обыкновенная (*Viburnum opulu*s).

I.2б. Грядово-увалистые ландшафты с дубравами грабовыми, с участием клена, липы, ольхи, лещины, рябины, подлеском из бересклета, крушины и других кустарников.

Указанные ландшафты располагались преимущественно в западной и юго-западной части Белорусского Полесья. Здесь произрастали дубравы грабовые с участием клена платановидного (*Acer platanoides* L.) и клена полевого (*Acer campestre* L.), липы сердцевидной (*Tilia cordata*) и крупнолистной (*Tilia platyphyllos*), лещины обыкновенной (*Corylus avellana*), изредка – серой (*Alnus incana* Moench) и черной ольхи (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.), рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), с подлеском из бересклета европейского (*Euonymus europaea*), калины обыкновенной (*Viburnum opulu*s), крушины ольховидной (*Frangula alnus*), свидины кроваво-красной (*Cornus sanguinea*).

II. Волнистые, пологоволнистые и мелкохолмистые лесные ландшафты на моренных супесях и суглинках (включают 2 вида и 4 подвида).

II.1. Волнистые и мелкохолмистые лесные ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод ниже 2 м, с дубовыми лесами со значительным участием граба, ясеня, клена, липы, лещины и других и сосново-широколиственными (дуб, граб, липа, клен, лещина) лесами.

II.1а. Волнистые и мелкохолмистые ландшафты с дубовыми лесами со значительным участием граба, ясеня, клена, липы, вяза, лещины, ольхи и обильным подлеском из бересклета, калины, крушины, бирючины, плюща и винограда лесного.

Данные ландшафты выделены в западной части Полесья. На почвах, подстилаемых супесями или суглинками, произрастали широколиственные, преимущественно дубовые леса, в составе которых главную роль играл дуб черешчатый (*Quercus robur*), реже присутствовали дуб скальный (*Q. petraea*) и пушистый (*Q. pubescens*), в которых участие принимали такие широколиственные породы, как граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), клен платановидный (*Acer platanoides* L.) и клен полевой (*Acer campestre*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*) и липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos*), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) и полевой (*Ulmus minor* Mill.), лещина обыкновенная (*Corylus avellana*), ольха серая (*Alnus incana*). В крайних западных районах в древостое лесов присутствовал тисс ягодный (*Taxus boccata*). Обильный подлесок создавали бересклет европейский (*Euonymus europaea*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), крушина ольховидная (*Frangula alnus*), бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare*), свидина кроваво-красная (*Cornus sanguinea*), произрастал плющ обыкновенный (*Hedera helix* L.), виноград лесной (Vitis sylvestris C. C. Gmel.), а на лиственных деревьях – омела белая (*Viscum album* L.). Состав лесов, вероятно, имел сходство с современными полесскими дубравами снытево-кисличного типа [12].

II.1б. Волнистые и мелкохолмистые ландшафты с сосново-широколиственными (дуб, граб, липа, клен, лещина) лесами.

Эти ландшафты были распространены на небольших участках, главным образом, в северной части региона исследований. Произрастали сосново-широколиственные леса, в которых широколиственные породы были представлены преимущественно дубом (*Quercus robur*), в меньшей степени – грабом обыкновенным (*Carpinus betulus*), липой сердцевидной (*Tilia cordata*) и крупнолистной (*Tilia platyphyllos*), а также кленом платановидным (*Acer platanoides*) и полевым (*Acer campestre*), лещиной обыкновенной (*Corylus avellana*), предпочитающими достаточно увлажненные почвы.

II.2. Волнистые и пологоволнистые лесные ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод менее 2 м, с дубравами с примесью других широколиственных пород и ольхи, с дубово-ясеневыми и дубово-черноольхово-ясеневыми лесами.

II.2а. Волнистые и пологоволнистые ландшафты с дубравами, с участием других широколиственных пород (ясеня, клена, граба, липы лещины) и *ольхи, подлеском из бересклета, крушины, смородины, бирючины, плюща и винограда лесного.*

Ландшафты выделены в западной части Полесья. Здесь в пониженных и сырых местах в пределах моренных равнин могли произрастать дубравы с небольшой примесью ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*), клена платановидного (*Acer platanoides*) и полевого (*A. campestre*), граба обыкновенного (*Carpinus betulus)*, липы сердцевидной (*Tilia cordata*) и крупнолистной (*T. platyphyllos*), лещины обыкновенной (*Corylus avellana*), ольхи серой (*Alnus incana*) и черной (A. *glutinosa*), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), с подлеском из бересклета европейского (*Euonymus europaeus*), крушины ольховидной (*Frangula alnus*), смородины черной (*Ribes nigrum* L.) и др. Леса такого состава, вероятно, имели сходство с современными дубравами папоротниково-крапивными, занимающими в настоящее время в Полесье сырые места вблизи ольсов [12].

II.2б. Пологоволнистые сильно увлажненные ландшафты с дубово-ясеневыми и дубово-черноольхово-ясеневыми лесами, с примесью других широколиственных пород, изредка – березы.

Рассматриваемые ландшафты были распространены сравнительно небольшими участками практически по всей территории и приурочены к пологоволнистым сильно увлажненным формам рельефа. Их заселяли дубово-ясеневые и дубово-черноольхово-ясневые леса с существенной ролью ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*), ольхи черной (*Alnus glutinosa*) и серой (*Alnus incana*), незначительным участием дуба, с примесью вяза гладкого (*Ulmus laevis*) и полевого (*Ulmus minor)*, граба обыкновенного (*Carpinus betulus)*, клена платановидного (*Acer platanoides*) и полевого (*Acer campestre*), липы сердцевидной (*Tilia cordata*) и крупнолистной (*Tilia platyphyllos*), лещины обыкновенной (*Corylus avellana*), изредка – березы пушистой (*Betula pubescens)* и бородавчатой (*B. pendula* Roth.). В подлеске произрастали бересклет европейский (*Euonymus europaeus*), крушина ольховидная (*Frangula alnus*) и др. На ветвях некоторых древесных пород произрастала омела белая (*Viscum album*). Такие леса имели сходство с современными дубово-ясеневыми и дубово-черноольхово-ясеневыми лесами Полесья, отличаясь от них большим участием дуба и ольхи, а также меньшей ролью ясеня.

III. Волнистые и пологоволнистые лесные ландшафты на флювиогляциальных разнозернистых песках (включают 2 вида и 4 подвида).

III.1. Волнистые и пологоволнистые лесные ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод ниже 2 м, с широколиственными дубовыми лесами с участием граба, вяза, липы, клена, лещины, а также с хвойно-широколиственными сосново-дубовыми лесами с участием граба, липы, клена, вяза, лещины.

III.1а. Волнистые и пологоволнистые ландшафты с широколиственными, преимущественно дубовыми лесами, с участием граба, вяза, липы, клена, лещины, с кустарниками в подлеске.

Данные ландшафты были распространены, главным образом, в западной и северо-западной части Полесья, где были приурочены к наиболее возвышенным участкам рельефа в пределах флювиогляциальных песчаных равнин. Здесь произрастали широколиственные, преимущественно дубовые леса, в которых преобладал дуб черешчатый (*Quercus robur*), реже встречались дуб скальный (*Quercus petraea)* и пушистый (*Quercus pubescens*), с существенным участием граба обыкновенного (*Carpinus betulus*), реже вяза гладкого (*Ulmus laevis*), вяза полевого (*Ulmus minor*), липы сердцевидной (*Tilia cordata*), липы крупнолистной (*Tilia platyphyllos*), клена платановидного (*Acer platanoides*) и клена полевого (*Acer campestre*), лещины обыкновенной (*Corylus avellana*), ольхи серой (*Alnus incana*) и черной (*Alnus glutinosa*), с подлеском из бересклета европейского (*Euonymus europaeus*), свидины кроваво-красной (*Cornus sanguinea*) и др. В составе лесной растительности принимали участие виноград лесной (*Vitis sylvestris*), произрастающий на хорошо дренированных, в меру увлажненных почвах, а также плющ обыкновенный (*Hedera helix*) и омела белая (*Viscum album*).

III.1б. Волнистые и пологоволнистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод ниже 2 м, с хвойно-широколиственными, преимущественно сосново-дубовыми лесами с участием граба, липы, клена, вяза, лещины.

Ландшафты были распространены в пределах флювиогляциальных песчаных равнин в северо-восточной части региона исследований. Здесь произрастали смешанные хвойно-широколиственные, преимущественно сосново-дубовые леса с участием граба обыкновенного (*Carpinus betulus*), липы сердцевидной (*Tilia cordata*) и крупнолистной (*Tilia platyphyllos*), клена платановидного (*Acer platanoides*) и полевого (*Acer campestre*), вяза гладкого (*Ulmus laevis*) и полевого (*Ulmus minor),* лещины обыкновенной (*Corylus avellana*) и других термофильных пород.

III.2. Пологоволнистые лесные ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод выше 2 м, с дубово-лещиновыми лесами, с участием других широколиственных пород и сосново-широколиственными лесами.

III.2а. Пологоволнистые ландшафты с дубово-лещиновыми лесами, с участием других широколиственных пород (граба, ясеня, клена, липы, вяза).

Такие ландшафты были широко распространены на изученной территории в пределах флювиогляциальных песчаных равнин. Здесь произрастали преимущественно дубово-лещиновые леса, в которых основными эдификаторами были лещина обыкновенная (*Corylus avellana*) и дуб черешчатый (*Quercus robur*), изредка встречался дуб скальный – *Quercus petraea,* хорошо произрастающий на песчаных почвах [16]. В составе этих лесов присутствовали и другие широколиственные породы: граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), клен платановидный (*Acer platanoides)* и полевой (*Acer campestre*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*) и крупнолистная (*Tilia platyphyllos*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), вяз полевой (*Ulmus minor*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), а также произрастали свидина кроваво-красная (*Cornus sanguinea*), бересклет европейский (*Euonymus europaeus*), плющ обыкновенный (*Hedera helix*) и омела белая (*Viscum album*). В западных районах в составе лесов присутствовал тис ягодный (*Taxus boccata*). Возможно, в пределах этой территории существовали и самостоятельные лещиновые ассоциации.

III.2б. Пологоволнистые ландшафты с сосново-широколиственными (дуб, лещина, граб, липа, клен, вяз) лесами.

Эти ландшафты были представлены в северо-восточных районах территории исследований, где произрастали смешанные сосново-широколиственные леса с преобладающей ролью дуба черешчатого (*Quercus robur*) и лещины обыкновенной (*Corylus avellana*), примесью граба обыкновенного (*Carpinus betulus*), липы сердцевидной (*Tilia cordata*) и крупнолистной (*Tilia platyphyllos*), клена платановидного (*Acer platanoides*) и полевого (*Acer campestre*), реже – вяза гладкого (*Ulmus laevis*) и полевого (*Ulmus minor*), с подлеском из крушины ольховидной (*Frangula alnus*), калины обыкновенной (*Viburnum opulus*), бересклета европейского (*Euonymus europaeus*) и др.

III.2в. Пологоволнистые ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод вблизи земной поверхности, с черноольховыми фитоценозами и низинными болотами.

Ландшафты были распространены на юго-западе и юго-востоке территории исследований и представлены пологоволнистыми формами рельефа, сложенными флювиогляциальными песками (с высоким уровнем залегания грунтовых вод), на которых произрастали мелколиственные леса, представленные черноольховыми фитоценозами, занимающими обводненные участки низинных болот с достаточной проточностью почвенно-грунтовых вод.

В настоящее время в Полесье и Предполесье широко распространены низинные гипново-осоковые болота, которые развиваются на обширных, но неглубоких понижениях, выстланных флювиогляциальными песками. Мелколиственные коренные леса на болотах представлены не только черноольховыми, но и пушистоберезовыми фитоценозами [12], в отличие от лесов климатического оптимума муравинского времени.

IV. Плоские лесные ландшафты на озерно-ледниковых суглинках и глинах.

Указанные ландшафты были приурочены преимущественно к центральной и южной части исследуемого региона и занимали местоположения, переходные от плакоров к низинным болотам, где глубина залегания грунтовых вод не превышала 1 м. На глинистых и суглинистых сырых и мокрых почвах произрастали широколиственно-черноольховые (дубово-ясенево-черноольховые) леса с богатым флористическим составом, в котором были представлены ольха черная (*Alnus glutinosa*), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), осина (*Populus* L.), липа сердцевидная (*Tilia cordata*), клен платановидный (*Acer platanoides*) и полевой (*Acer campestre*), вяз гладкий (*Ulmus laevis*), граб обыкновенный (*Carpinus betulus*), изредка – береза пушистая (*Betula pubescens*) и рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*). В состав подлеска входили крушина ольховидная (*Frangula alnus*), калина обыкновенная (*Viburnum opulus*), свидина кроваво-красная (*Cornus sanguinea*), бересклет европейский (*Euonymus europaea*) и др.

Небольшие территории в пределах озерно-ледниковых равнин могли занимать верховые болота с багульником болотным (*Ledum palustre* L.), вереском обыкновенным (*Calluna vulgaris* (L.) Hull), клюквой обыкновенной (*Vaccinium oxycoccos* L.), голубикой обыкновенной (*Vaccinium uliginosum* L.) и другими кустарничками типа современных осоково-сфагновых или кустарничково-пушицево-сфагновых болот, а также болота переходные, на которых произрастали ольха черная (*Alnus glutinosa*) и изредка – береза пушистая (*Betula pubescens)*, подобные нынешним кустарничково-травяно-осоково-сфагновым болотам Полесья [12].

V. Плоские лесные ландшафты на озерно-аллювиальных песках и супесях (включают 2 вида и 2 подвида).

V.1. Плоские лесные ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод более 1 м, с дубовыми лесами с примесью ясеня, осины, ольхи, граба, лещины, подлеском из крушины, бересклета и др.

Эти ландшафты были распространены по всей территории, где они сформировались в пределах распространения озерно-аллювиальных низин на песчаных и супесчаных отложениях. Наиболее повышенные их участки занимал дубовый лес со значительной примесью ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*), осины (*Populus*), ольхи серой (*Alnus incana*) и черной (*A. glutinosa*), граба обыкновенного (*Carpinus betulus),* лещины обыкновенной (*Corylus avellana*), реже – березы пушистой (*Betula pubescens*) типа современного дубняка ясенево-пойменного [12]. В подлеске были представлены крушина ольховидная (*Frangula alnus*), свидина кроваво-красная (*Cornus sanguinea*), бересклет европейский (*Euonymus europaea*) и др.

V.2. Плоские лесные ландшафты с глубиной залегания грунтовых вод выше 1 м, с дубравами ольхово-пойменными, с черноольховыми лесами и низинными болотами.

V.2а. Плоские ландшафты с дубравами ольхово-пойменными с подлеском из бересклета, крушины и других кустарников.

Ландшафты были распространены на значительной части территории исследований, где приурочены к плоским и пониженным участкам рельефа в пределах озерно-аллювиальных низин. Здесь могли развиваться фитоценозы дубравы ольхово-пойменной со значительным участием ольхи черной (*Alnus glutinosa*), примесью ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*), осины (*Populus*) и очень редко – березы пушистой (*Betula pubescens*). Подлесок состоял из бересклета европейского (*Euonymus europaea*), крушины ольховидной (*Frangula alnus*), свидины кроваво-красной (*Cornus sanguinea*) и других кустарников.

V.2б. Плоские ландшафты с залеганием грунтовых вод вблизи земной поверхности с черноольховыми лесами и низинными болотами.

Такие ландшафты в климатическом оптимуме муравинского межледниковья не имели широкого распространения и были приурочены преимущественно к восточной и юго-восточной частям территории. Здесь существовали низинные лесные болота, где произрастали черноольховые (*Alnus glutinosa*) леса, в которых были представлены изредка береза пушистая (*Betula pubescens*), разные виды ив (*Salix*), а из травянистых растений – осоки (Cyperaceae gen.), злаки, (Poaceae gen.), а также сфагновые мхи (*Sphagnum*).

Таким образом, изученные палеогеоморфологические особенности территории западной части Белорусского Полесья и выявленные особенности распространения растительности в зависимости от приуроченности к определенным типам рельефа, характера отложений, глубины залегания грунтовых вод, позволили выполнить реконструкцию ландшафтов, существовавших во время самой теплой фазы климатического оптимума муравинского межледниковья.

Полученные данные согласуются с представлениями многих исследователей о зональной структуре муравинского (микулинского) межледниковья, характерной особенностью которой было существенное расширение зоны широколиственных лесов (особенно на западе Восточно-Европейской равнины), которая распространялась здесь на всю современную подзону хвойно-широколиственных лесов и значительную часть подзоны южной тайги. Северная граница зоны широколиственных лесов проходила севернее ее нынешнего положения более чем на 500 км. По сравнению с современностью состав широколиственных лесов отличался заметным присутствием западноевропейских элементов, свойственных районам с более теплым океаническим климатом [17].

Результаты выполненных исследований могут быть использованы как основа для выявления направлений изменения ландшафтов на территории Белорусского Полесья в позднем плейстоцене и голоцене под воздействием климатических изменений и антропогенной деятельности, а также прогноза возможных изменений природно-климатической обстановки на территории Беларуси в будущем, как при естественном развитии природного процесса в сторону похолодания, так и в условиях глобального потепления климата, в том числе для прогноза возможных вариантов развития растительности и особенностей распространения отдельных лесообразующих пород, что имеет несомненное значение для научного обоснования природно-охранных мероприятий.

Список использованных источников

1. Матвеев, А. В. Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев, Б. Н. Гурский, Р. И. Левицкая. – Минск, 1982. – 131 с.

2. Крутоус, Э. А. Палеогеография антропогена Белорусского Полесья / Э. А. Крутоус. – Минск, 1990. – 143 с.

3. Палеогеография кайнозоя Беларуси / под ред. А. В. Матвеева. – Минск, 2002. – 164 с.

4. Матвеев, А. В. Палеогеоморфологическая схема территории западной части Белорусского Полесья (муравинское межледниковье) / А. В. Матвеев, В. П. Зерницкая // Літасфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 4–11.

5. Растительность и климат территории Беларуси и Польши в позднеприпятское (поздняя одра), муравинское (эем) и раннепоозерское (ранний вистулиан) время / Т. Б. Рылова [и др.] // Літасфера. – 2013. – № 2 (39). – С. 3–23.

6. Цапенко, М. М. Антропогеновые отложения Белоруссии / М. М. Цапенко, Н. А. Махнач. – Минск, 1959. – 225 с.

7. Махнач, Н. А. Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене / Н. А. Махнач. – Минск, 1971. – 212 с.

8. Еловичева, Я. К. Развитие палеоводоемов Белоруссии в верхнем плейстоцене по палинологическим данным / Я. К. Еловичева, С. Ф. Зубович // Литология, геохимия и стратиграфия континентальных кайнозойских отложений Белоруссии. – Минск, 1988. – С. 158–165.

9. Логинова, Л. П. Палеогеография микулинских озер юга Минской области / Л. П. Логинова, Н. А. Махнач, В. Л. Шалабода // Палеогеография кайнозоя Белоруссии. – Минск, 1989. – С. 152–160.

10. Granoszewski, W. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszki Duze, Eastern Poland: a palaeobotanical study / W. Granoszewski // Acta Palaeobotanica. – 2003. – Suppl. 4. – P. 1–95.

11. Рылова, Т. Б. Растительность и климат территории западной части Белорусского Полесья в муравинское межледниковье / Т. Б. Рылова, И. Е. Савченко // Літасфера. – 2018. – № 2 (49). – С. 17–33.

12. Юркевич, И. Д. Растительность Белоруссии, ее формирование, охрана и использование (с «Картой растительности Белорусской ССР» масштаба 1 : 600 000) / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, В. С. Адерихо. – Минск, 1979. – 248 с.

13. Расліннасць [Карты] / Нацыянальны Атлас Беларусі. – Мінск, 2002. – 1 : 1 250 000. – С. 114–115.

14. Ландшафтная карта [Карты] / Нацыянальны Атлас Беларусі. – Мінск, 2002. – 1 : 1 250 000. – С.144–145.

15. Bińka, K. The Late Saalian, Eemian and Early Vistulian pollen sequence at Dziewule, eastern Poland / K. Bińka, J. Nitychoruk // Geological Quarterly. – 2003. – Vol. 47, № 2. – P. 155–168.

16. Попа, Ю. Н. Сохранение и использование дуба скального / Ю. Н. Попа // Лесоводство, лесоведение, лесные пользования. Обзорная информация. – М., 1990. – Вып. 2. – 28 с.

17. Величко, А. А. Представления об устойчивости, биоразнообразии и георазнообразии в свете динамики ландшафтной зональности / А. А. Величко // Пути эволюционной географии (итоги и перспективы). – М., 2002. – С. 7–31.

References

1. Matveev A. V., Gurskij B. N., Levickaya R. I. *Rel'ef Belorusskogo Poles'ya* [Relief of the Belarusian Polesie Area]. Minsk, 1982, 131 p. (in Russian).

2. Krutous E. A. *Paleogeografiya antropogena Belorusskogo Poles'ya* [The paleogeography of the anthropogen of the Belorussian Polesie Area]. Minsk, 1990, 143 p. (in Russian).

3. *Paleogeografiya kajnozoya Belarusi* [The cenozoic paleogeography of Belarus]. Ed. A. V. Matveev. Minsk, 2002, 164 p. (in Russian).

4. Matveev A. V., Zernickaya V. P. *Paleogeomorfologicheskaya schema territorii zapadnoj chasti Belorusskogo Poles'ya (muravinskoe mezhlednikov'e)* [Paleogeomorphological chart of the western territory of the Belarusian Polesie (the Muravian Interglacial)]. *Litasfera* = *Lithosphere*, 2018, № 1 (48), pp. 4–11. (in Russian).

5. Rylova T. B., Savchenko I. E., Winter H., *Granoshewski W. Rastitel'nost' I klimat territorii Belarusi I Pol'shi v pozdnepripyatskoe (pozdnyaya odra), muravinskoe (eem) i rannepoozerskoe (rannij vistulian) vremya* [Vegetation and climate of the territory of Belarus and Poland in Late-Pripyat (Late Oder), Muravian (Eemian) and Early Poozerje (Early Vistulian) time]. *Litasfera* = *Lithosphere*, 2013, № 2 (39), pp. 3–23 (in Russian).

6. Capenko M. M., Mahnach N. A. *Antropogenovye otlozheniya Belorussii* [Anthropogenic deposits of Belarus]. Minsk, 1959, 225 p. (in Russian).

7. Mahnach N. A. *Etapy razvitiya rastitelnosti Belorussii v antropogene* [Stages of the vegetation development in Belarus in the anthropogene]. Minsk, 1971, 212 p. (in Russian).

8. Elovicheva Ya. K. *Razvitie paleovodoemov Belorussii v verhnem plejstocene po palinologicheskim dannym* [Development of the paleoreservoirs in Belarus in the Upper Pleistocene from the palynologicall data]. *Litologiya, geohimiya i stratigrafiya kontinental'nyh kajnozojskih otlozhenij Belorussii* [Lithology, geochemistry and stratigraphy of the continental cenozoic deposits of Belarus]. 1988, pp. 158–165 (in Russian).

9. Loginova L. P., Mahnach N. A., Shalaboda V. L. *Paleogeografiya mikulinskih ozer yuga Minskoj oblasti* [The paleogeography of the Mikulian lakes in the south of the Minsk region]. *Paleogeografiya kajnozoya Belorussii* [Paleogeography of the cenozoic of Belarus]. Minsk, 1989, pp. 152–160 (in Russian).

10. Granoszewski W. Late Pleistocene vegetation history and climatic changes at Horoszki Duze, Eastern Poland: a palaeobotanical study. *Acta Palaeobotanica*, 2003, Suppl. 4, pp. 1–95.

11. Rylova T. B., Savchenko I. E. *Rastitel'nost' i klimat territorii zapadnoj chaste Belorusskogo Poles'ya v muravinskoe mezhlednikov'e* [Vegetation and climate in the western territory of the Belarusian Polesie area during the Muravian Interglacial]. *Litasfera* = *Lithosphere*, 2018, no. 2(49), pp. 17–33 (in Russian).

12. Yurkevich I. D., Golod D. S., Aderiho W. S. *Rastitel'nost' Belorussii, ee formirovanie, ohrana I ispol'zovanie (s "Kartoj rastitel'nosti Belorusskoj SSR" masshtaba 1:600 000)* [Vegetation of Belarus, its formation, protection and use (with "map of the vegetation of the Belarusian SSR" Scale 1: 600 000)]. Minsk, 1979, 248 p. (in Russian).

13. *Raslinnasc'* [Vegetation, Scale 1: 1 250 000]. *Nacyyanal'ny Atlas Belarusi* [National atlas of Belarus]. Minsk, 2002, pp.114–115 (in Belarusian).

14. *Landshaftnaya karta* [Landscape map, Scale 1:1 250 000]. *Nacyyanal'ny Atlas Belarusi* [National atlas of Belarus]. Minsk, 2002, pp.144–145 (in Russian).

15. Bińka K., Nitychoruk J. The Late Saalian, Eemian and Early Vistulian pollen sequence at Dziewule, eastern Poland. *Geological Quarterly*, 2003, 47 (2), pp. 155–168.

16. Popa Yu. N. *Sohranenie i ispol'zovanie duba skal'nogo* [Conservation and use of durmast oak]. *Lesovodstvo, lesovedenie, lesnye pol'zovaniya. Obzornaya informaciya* [Forestry, silviculture and forest exploitation. General information]. Moscow, 1990, Issue 2, 28 p. (in Russian).

17. Velichko A. A. *Predstavleniya ob ustojchivosti, bioraznoobrazii i georaznoobrazii v svete dinamiki landshaftnoj zonal'nosti* [Conceptions of the sustainability, biodiversity and geodiversity in the light of the landscape zoning dynamics] *Puti ehvolyucionnoj geografii (itogi i perspektivy)* [Ways of the evolutionary geography (results and prospects)]. Moscow, 2002, pp. 7–31 (in Russian).

Информация об авторах

Матвеев Алексей Васильевич – академик, д-р геол.-мин. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: matveyev@ecology.basnet.by

Рылова Татьяна Борисовна – д-р геол.-мин. наук, гл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: rylova@ecology.basnet.by

Information about the authors

Aleksey Matveyev – Academician, D.Sc. (Geology and Mineralogy), Professor, Chief Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: matveyev@ecology.basnet.by

Tatyana Rylova – D.Sc. (Geology and Mineralogy), Chief Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rylova@ecology.basnet.by

УДК 553.973

Поступила в редакцию 15.10.2018
Received 15.10.2018

ОЦЕНКА ЭВОЛЮЦИИ ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СОСТАВА САПРОПЕЛЯ ПОД ТОРФОМ

Б. В. Курзо, О. М. Гайдукевич, А. И. Сорокин

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. На примере хорошо изученной в отношении торфяных ресурсов западной части республики выполнена оценка особенностей заиления древнеголоценовых озер и эволюции озерно-болотных комплексов в последниковое время. Анализ возраста формирования торфо-сапропелевых разрезов, позволил определить временные границы смены озерного этапа седиментации на болотный в пределах озерно-болотных комплексов и рассчитать скорости вертикального прироста торфа и сапропеля.

Имеющиеся материалы убедительно показывают, что граница исчезновения озер как элементов ландшафта и превращения их в болота становится моложе по мере продвижения от зоны ранних оледенений на территории Полесья к районам Поозерья. Южнее границы последнего оледенения ежегодные темпы вертикального прироста донных отложений были на 70–100 % выше, чем сменившего их торфа. В Поозерье, за счет широкого развития торфяных месторождений верхового типа, скорость накопления перекрывшего сапропель торфа несколько выше, чем подстилающих озерных осадков. Процессы полного заиления озерных котловин и исчезновения водоемов наиболее интенсивно происходили 7–9 тыс. лет назад, когда прекратило существование почти 50 % заболоченных озер.

Определены ресурсы сапропеля под торфом, составляющие 1257 млн м^3, или 725 млн т. Из этого количества 1127 млн м^3 (653 млн т) оценено по материалам геологоразведочных работ и 130 млн м^3 (72 млн т) подсчитано прогнозно на неисследованных торфяных месторождениях. Сапропель под торфом по причине повышенного содержания органического вещества и наличия карбонатного материала отличается от сапропеля современных озер более сбалансированным по типам вещественным составом, что важно для рационального использования в различных отраслях хозяйства.

Определено 487 торфяных месторождений, на которых возможна организация добычи сапропеля, составлена картосхема их размещения. Общая площадь сапропелевой залежи на перспективных для добычи сапропеля выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях составляет 59,2 тыс. га при средней мощности осадков около 1 м. Объем сапропеля оценивается в 574,16 млн м^3, или почти 352 млн т, из которых 108 млн т относятся к категории потенциально извлекаемых.

Ключевые слова. Озерно-болотные комплексы; скорость заиления; сапропель; относительный возраст; ресурсы; вещественный состав; перспективные участки; размещение.

Для цитирования. Курзо Б. В., Гайдукевич О. М., Сорокин А. И. Оценка эволюции озерно-болотных комплексов по результатам исследований распространения и состава сапропеля под торфом // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 95–111.

ESTIMATION OF THE EVOLUTION OF LAKE AND MARSH COMPLEXES BY THE RESULTS OF THE RESEARCH OF THE DISTRIBUTION AND CONTENT OF SAPROPEL UNDER PEAT

B. V. Kurzo, O. M. Gaidukevich, A. I. Sorokin

Institute for Nature Management of the NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. On the example of well-studied in relation to the peat resources of the western part of the republic, the characteristics of the sedimentation of ancient Holocene lakes and the evolution of lake-marsh complexes in the last period of time were assessed. The analysis of the age of the formation of peat-sapropelic sections made it possible to determine the time limits for changing the lake phase of sedimentation to the marsh within the lake-marsh complexes and calculate the rates of the vertical growth of peat and sapropel.

The available materials convincingly show that the boundary of the mass extinction of lakes and their transformation into swamps becomes younger as one moves from the zone of early glaciation in the Polesie region to the areas of the Poozerye. To the south of the last glaciation boundary, the annual rates of vertical growth of bottom sediments were 70–100 % higher than the peat that replaced them. In the Lake District, due to the wide development of the peat deposits of the upper type, the rate of peat accumulation overlapped with sapropel is somewhat higher than the underly-

ing lake sediments. The most massively complete grinding of the water surface and dying off of water bodies occurred 7–9 thousand years ago, when almost 50 % of the marshy lakes ceased to exist.

The forecast figure of sapropel resources under peat has been determined, which is 1257 million m^3, or 725 million tons. On this amount, 1127 million m^3 (653 million tons) were estimated from geological exploration materials and 130 million m^3 (72 million tons) were predicted for unexplored peat deposits. Sapropel under peat due to the higher content of organic matter and the presence of carbonate material differs from sapropel from modern lakes by more balanced composition of the types, which is important for rational use in various sectors of the economy.

487 peat deposits have been identified, on which the organization of sapropel mining is possible, the map of their location has been drawn up. The total area of the sapropel deposit in prospective peat deposits peaking for sapropel production is 59.2 thousand hectares with the average thickness of precipitation at about 1 m. The volume of sapropel is estimated at 574.16 million m^3, or nearly 352 million tons, of which 108 million tons fall into the category of potentially recoverable.

Key words. Lake-marsh complexes; silting rate; sapropel; relative age; resources; material composition; prospective sites; accommodation.

For citation. Kurzo B. V., Gaidukevich O. M., Sorokin A. I. Estimation of the evolution of lake and marsh complexes by the results of the research of the distribution and content of sapropel under peat. *Nature Management,* 2018, no. 2, pp. 95–111.

Введение. На территории республики широко развиты специфические природные системы, состоящие из озер и окружающих болот – озерно-болотные комплексы (ОБК). Разработана классификация и определены характеристики типичных ОБК [1], под которыми понимаются системы различной степени сложности, включающие озера, болота, склоны местных водосборов и имеющие общность гидрологического режима и протекающих природных процессов. В ОБК выделяется один, два и более генетических центров, которые занимают самые низкие участки минерального дна, откуда произошли первичные очаги заболачивания [2]. Часто переуглубления такого рода ранее занимали озера, которые сформировали слой сапропеля и, пройдя через стадию заболачивания, были перекрыты торфом и трансформировались в торфяное месторождение. Показано [3], что приблизительно каждое третье торфяное болото на территории республики образовалось на месте послеледниковых озер, развивавшихся под влиянием гумусированных болотных вод и формировавших толщи донных отложений.

Ресурсы сапропеля под торфом постоянно привлекали внимание исследователей. Именно с разработки залежей на торфяных болотах в Витебской области началось практическое использование сапропеля в довоенное время прошлого столетия [4]. Пониженная влажность погребенного под торфом сапропеля и применение созданных для добычи торфа инженерных сооружений делают разработку донных отложений на выработанных торфоучастках на 20–50 % энергетически более выгодной, чем озерного сапропеля [5].

Специальных исследований сапропеля под торфом практически не проводилось, за исключением оценочных работ, выполненных в 1970–1975 гг. на 95 выработанных торфяных месторождениях [6]. Поэтому анализ ресурсов сапропеля под торфом и закономерностей их формирования, представленный ниже, выполнен в основном по фондовым материалам геологической разведки около 4400 торфяных месторождений. В связи с тем, что для более 2600 торфяных месторождений первичные материалы довоенных лет полностью утеряны и имеется только кадастровая информация о ресурсах торфа, актуальным является прогноз наличия запасов сапропеля на неизученных торфяных месторождениях по косвенным признакам.

Еще одной актуальной задачей является подсчет общих геологических ресурсов сапропеля под торфом с учетом всех имеющихся фондовых материалов и определение извлекаемой их части на выработанных или разрабатываемых торфяных месторождениях. Несомненный теоретический и практический интерес представляют временные и пространственные параметры формирования сапропеля под торфом, его химический состав, возможности и алгоритмы прогнозного расчета характеристик вещественного состава по ограниченному количеству общетехнических показателей.

Цели работы – оценить трансформацию озерно-болотных комплексов по данным пространственного распространения донных отложений озер и по изменению их вещественного состава как индикаторов продолжительности озерной стадии; провести подсчет и дать характеристику ресурсов сапропеля под торфом; выделить перспективные для разработки месторождения и участки.

Объекты и методы исследования. Оценка запасов сапропеля под торфом выполнена в соответствии с инструктивными требованиями [7] по фондовым материалам государственного геологического фонда Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, архивам проектных институтов «Белгипроводхоз» и «Белниитоппроект», Института природопользования НАН Беларуси. Площади торфяных месторождений в нулевых границах приведены в соответствии с кадастровым справочником «Торфяной фонд Белорусской ССР» (1979 г.) [8]. На все изученные торфяные месторождения, подстилаемые озерным сапропелем, если для них не проводился подсчет запасов донных отложений, вычерчивались планы-схемы, по которым определялись нулевые границы сапропелевых залежей, площади сапропеля, рассчитывались средние мощности и объемы

сапропелевых отложений. Для оценки запасов при условной 60 %-ной влажности по общеизвестной формуле [9] осуществлялся перерасчет объемов отложений в массу с учетом влажности материала и его плотности, что для данной категории ресурсов сделано впервые.

Вещественный состав и описание характеристик сапропеля, полученные по фондовым материалам, позволили разделить запасы на типы согласно промышленно-генетической классификации [10]. К органическому сапропелю отнесены осадки с зольностью менее 30 %. При превышении этого значения зольности, pH менее 6,9 и отсутствии карбонатов тип озерных отложений идентифицировался как кремнеземистый.

При зольности более 30 %, pH 6,9–7,6 и содержании $CaCO_3$ 15–30 % сапропель типологически определялся как смешанный. При данном уровне $CaCO_3$ отношение SiO_2 к CaO составляет 0,7–2,0. Когда зольность была более 30 %, содержание $CaCO_3$ более 30 % и кислотность более 7,6, сапропель относился к карбонатному типу. При этом отношение SiO_2 к CaO составляло менее 0,7. При зольности осадков более 85 % они относились к илам. В том случае, когда химические анализы донных отложений не выполнялись, их тип попадал в графу «не определен».

Объем запасов сапропеля разного типа на торфяном месторождении подсчитывался пропорционально количеству исследованных образцов.

Для оценки возможности добычи сапропелевого сырья на выработанных или разрабатываемых торфяных месторождениях ранее предложены геологические и хозяйственные критерии [11]. Показателями первых определены: объем запасов, их качественная характеристика и соответствие техническим условиям на различные виды продукции из сапропеля, мощность, категория изученности ресурсов. При оценке месторождения по второму критерию определяют степень сработки торфа на месторождении или торфоучастке и дают оценку возможности извлечения запасов сапропеля.

Все выбывшие из эксплуатации торфоучастки и отдельные торфяные месторождения разделены на три группы с учетом условий залегания, вещественного состава и возможности добывать сапропель: весьма перспективные для разработки торфоучастки (торфяные месторождения), которые имеют в пределах выработанных участков площадь сплошного распространения сапропеля более 70 %, среднюю мощность озерных осадков более 1 м. Торф на таких участках существенно сработан, вследствие чего показатель заиленности торфоучастка составляет более 70 % по объему. Перспективные для разработки сапропеля торфоучастки (торфяные месторождения) имеют площадь сплошного распространения озерных отложений 30–70 % площади торфоучастков, среднюю мощность более 0,5 м. Основные запасы торфа над залежью сапропеля выработаны или сработка их завершается. На условно перспективных торфоучастках донные отложения распространены в виде мелкоконтурных залежей в ограниченных местах, общая площадь которых составляет не более 30 % площади торфоучастков. Ранжированные таким образом разрабатываемые и выбывшие из эксплуатации торфяные месторождения (участки) с сапропелем нанесены на картосхему, позволяющую наглядно видеть концентрацию объектов с перспективными для освоения залежами сапропеля под торфом.

При сопоставлении современной и древнеголоценовой озерности в западных областях Беларуси в пределах полос широтного простирания, ограниченных линиями разграфки топографических карт масштаба 1 : 100 000, рассчитывали площадь современных озер, а также суммарную площадь современных озер и площадь раннеголоценовых водоемов, критерием которой являлась пространство, занятое отложениями погребенного под торфом сапропеля. Полученные цифры соотносили с общей площадью исследуемой территории.

Плотность ресурсов сапропеля на единицу площади рассчитывали путем отношения объема сапропеля, сосредоточенного в открытых озерах и под торфом, к общей площади территории.

Результаты и их обсуждение. Наиболее полно фондовые материалы по оценке ресурсов торфа и подстилающего его сапропеля представлены в западной части Беларуси, входившей до 1939 г. в состав Польши, и где изыскания на торф и сапропель выполнялись в основном в послевоенное время. Для данного региона, расположенного в пределах трех природных провинций республики, в наличии имеются материалы для 98 % торфяных болот Брестской, Гродненской и запада Минской области (табл. 1). Утерянные первичные материалы по оценке ресурсов торфа и сапропеля по западным районам Витебской области составляют 4 % от общего количества, или 7,7 % площади торфяных месторождений в нулевых границах. По другим западным регионам процент отсутствующих материалов составляет 2–3.

В этой связи количественные характеристики и особенности размещения в пространстве озерно-болотных комплексов, начавших развитие с озерной стадии, изучены на примере западной части республики, отличающейся высокой разведанностью торфяных и сапропелевых ресурсов и хорошей сохранностью фондовых материалов. Общая площадь района исследования составляет 95 тыс. км^2, или около 50 % территории республики.

Таблица 1. **Данные об отсутствии первичных материалов по оценке ресурсов торфа и сапропеля на торфяных месторождениях**

Table 1. **Data on the absence of primary materials for the assessment of peat and sapropel resources in peat deposits**

Область	Общее количество т.м., шт.	Отсутствуют архивные материалы		Общая площадь т.м., тыс. га	Площадь т.м., на которую отсутствуют архивные материалы	
		шт.	%		тыс. га	%
Витебская, в том числе	1807	621	34,4	364,0	47,2	13,0
по 7 западным районам	322	13	4,0	146,3	11,2	7,7
Гродненская	403	12	3,0	165,2	3,25	2,0
Минская, в том числе	1277	504	39,5	585,0	72,9	12,5
по 11 западным районам	364	9	2,5	222,4	2,2	1,0
Могилевская	1650	625	37,9	223,7	39,3	17,6
Брестская	459	9	2,0	681,6	3,8	0,6
Гомельская	1459	879	60,2	524,2	97,1	18,5
Всего:	7055	2642	37,4	2543,7	260,7	10,2

На данной территории имеется более 1500 торфяных месторождений, из которых первичные фондовые материалы выявлены для 1463, в 536 из них разведаны сапропелевые залежи, что составляет около 37 % от общего количества изученных объектов. Чаще всего торфяные болота с сапропелем встречаются в Поозерской провинции, где в 69 % изученных торфяных месторождений зафиксированы подстилающие торф донные отложения. В Полесском регионе таких болот значительно меньше – 36 %, а в Центральной провинции – только 24 %.

По количеству больше всего торфяных месторождений с сапропелем выявлено в Поозерье – 217. Большинство торфяных болот здесь имеют площадь от 200 до 600 га, что заметно ниже, чем в Центре и, особенно, в Полесье. Следует отметить общую для всех провинций закономерность – средняя площадь месторождений без сапропеля ниже, чем с его наличием. Суммарная площадь залежей сапропеля под торфом в Центральной провинции составляет 24,2 тыс. га, в Полесье – 19,03 тыс. и на севере – 17,5 тыс. га. Если эти цифры соотнести с площадью торфяных месторождений в нулевых границах, то в Поозерье подстилается сапропелем более 19 % площади торфяных болот, в Центральных областях – 8,4, в Полесье – только 6,5 % площади торфяных болот.

Полученные данные о наличие сапропеля в болотных массивах и количественные характеристики распространения залежей сапропеля относительно площади нулевого контура торфа позволили прогнозно оценить ресурсы донных отложений в неизученных объектах, которых насчитывается 2659, в том числе в западной части республики по границе 1939 г. – всего 43 (табл. 2).

Из данных табл. 2, полученных расчетным путем, видно, что прогнозные ресурсы сапропеля на неизученных торфяных болотах составляют около 130 млн м^3, или более 71 млн т.

Формирование основного объема запасов сапропеля, погребенного под торфяными залежами, происходило в древних позднеледниковых и раннеголоценовых озерах, период развития которых был сравнительно коротким. Многие из них прекратили свое существование в результате стока воды по гидрографической сети, заиления и последующего заболачивания.

Таблица 2. **Прогнозные ресурсы сапропеля на неизученных торфяных месторождениях**

Table 2. **The inferred resources of sapropel in unexplored peat deposits**

Область	Неизученные на сапропель т.м.			Средняя мощность изученного сапропеля, м	Прогнозные ресурсы сапропеля	
	количество	площадь т.м., км^2	прогнозная площадь сапропеля, км^2		объем, млн м^3	запас, млн т
Брестская	9	38,3	1,6	0,64	1,0	0,6
Витебская	621	472,4	80,2	1,16	93,0	48,0
Гомельская	879	971,2	15,9	0,9	14,3	8,3
Гродненская	21	39,9	1,8	1,26	2,3	1,8
Минская	504	729,2	11,2	0,86	9,6	6,4
Могилевская	625	393,2	13,7	0,75	10,3	6,4
Всего:	2659	2644,2	124,4	1,0	130,5	71,5

На рис. 1 представлено сопоставление современной и раннеголоценовой (пребореальный, бореальный и, частично, атлантический периоды) озерности территории западной части Беларуси. Раннеголоценовая озерность определялась по площади распространения донных отложений, погребенных под торфом. Номера полос на рис. 1 соответствуют первым цифрам номенклатуры данных топографических карт.

Анализ диаграмм рис. 1 показывает, что современная озерность снижается при движении с севера на юг от равнин и возвышенностей Поозерья к возвышенностям Белорусской гряды в Центральной провинции (за исключением районов Средненеманской низины), а затем несколько возрастает на равнинах Предполесья и в южной части Брестского Полесья. Наиболее резкое снижение озерности на исследованной территории наблюдается в Центральной провинции – с 0,2–0,4 % в раннеголоценовое время, до 0,03–0,05 % в современности, то есть здесь озерность снизилась практически на порядок. На севере республики снижение озерности к современному периоду было незначительным – на 40–60 % по сравнению с раннеголоценовой, в Полесье – на 80–120 %. Следует отметить, что общая озерность рассматриваемой территории снизилась к современному времени в три раза – с 1,2 до 0,4 %.

Соотношение плотности распределения запасов озерного и торфоподстилающего сапропеля в пределах равномерно расположенных линейных участков, ограниченных широтными линиями разграфки топографических карт масштаба 1 : 100 000, представлено на рис. 2.

Из приведенных диаграмм следует, что в Поозерье, до границы последнего оледенения, проходящей в основном в пределах линейного участка № 45, относительная концентрация сапропеля в современных озерах заметно выше, чем в перекрытых торфом залежах озерных отложений. Такая же тенденция наблюдается на самом юге Полесья. На остальной территории имеет место повышенная плотность сапропеля под торфом нежели в открытых озерах, что связано с широким развитием здесь в прошлом сапропелепродуктивных озер.

На территории Беларуси изучен возраст более 50 торфо-сапропелевых разрезов, которые вскрывают озерный период развития озерно-болотных комплексов. Фактический материал по возрасту торфяных болот республики, в том числе прошедших озерную стадию, представлен в публикациях [12–22], обобщен в монографиях [23, 24] и более поздних работах [1, 25–28]. Изученные разрезы сравнительно равномерно распределены по территории республики. Анализ имеющихся данных по определению возраста торфа и донных отложений на ОБК позволил определить среднюю продолжительность времени заболачивания и перехода озер на болотную стадию в различных провинциях республики и скорости накопления осадков озерного и болотного генезиса.

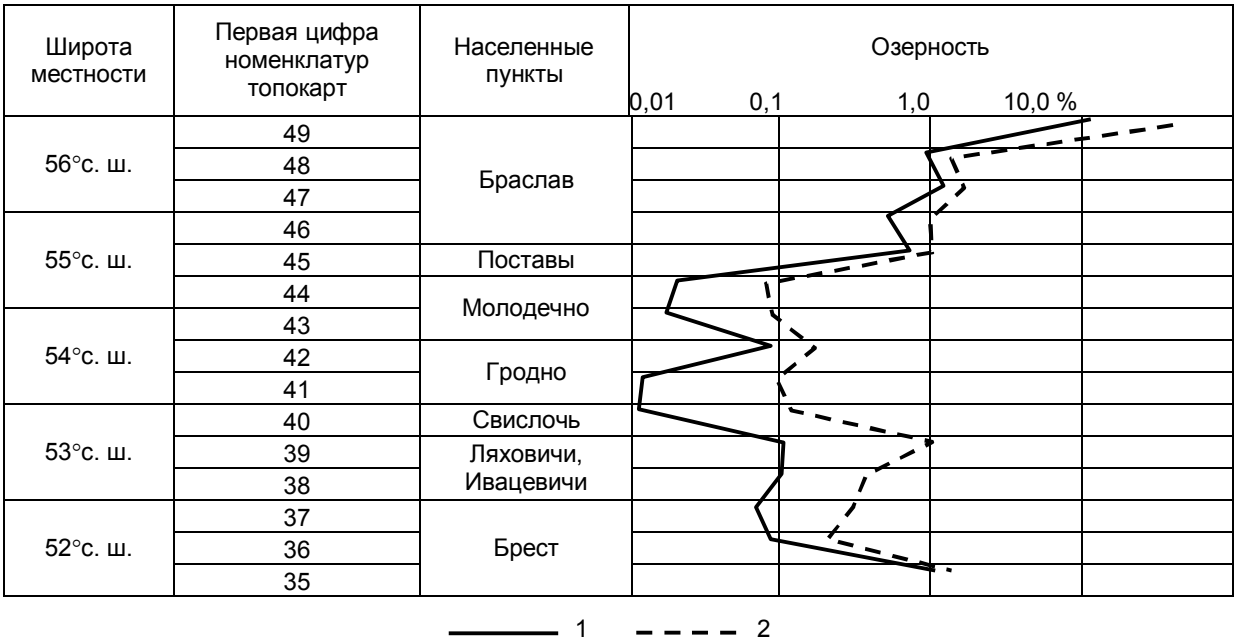


Рис. 1. Сопоставление современной (1) и раннеголоценовой (2) озерности западных районов Беларуси

Fig. 1. The comparison of the modern (1) and early Holocene (2) lakes of the western regions of Belarus

Статистическая обработка полученных материалов показывает, что среднее время образования ОБК варьирует от 10,3 тыс. лет в Полесье до 11,1 тыс. лет в Центральной провинции, то есть большинство мелководных озер здесь образовалось в послеледниковье (табл. 3).

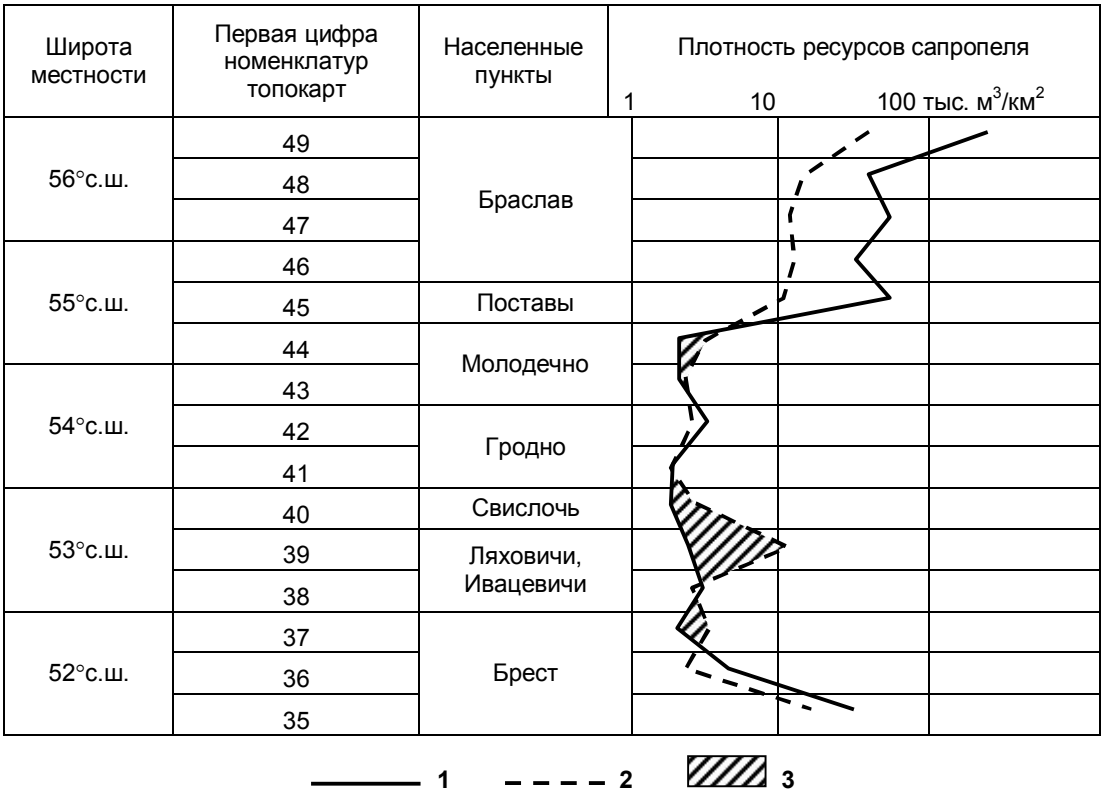


Рис. 2. Распределение ресурсов сапропеля в озерах (*1*) и под торфом (*2*) на единицу площади западных районов Беларуси: *3* – объем сапропеля под торфом больше, чем в современных озерах

Fig. 2. The distribution of resources lakes' sapropel (*1*) and sapropel under peat (*2*) per unit the area of the western regions of Belarus: *3* – the volume of sapropel under peat is greater than in modern lakes

***Таблица 3.* Время образования ОБК, полного заболачивания озер и темпы накопления органогенных осадков**

***Table 3.* The time of ACL formation, the total waterlogging of lakes and the rate of organogenic sediments accumulation**

Провинция	*n*	Время, лет назад		Средняя мощность в генетическом центре, м		Средняя скорость накопления, мм/год	
		образования озер	полного или частичного заторфовывания озер	торфа	донных отложений	торфа	донных отложений
Поозерская	15	10 860 (1610)	6720 (1700)	4,37 (2,0)	2,3 (1,5)	0,69 (0,38)	0,6 (0,22)
Центральная	15	11 140 (1440)	7110 (3390)	2,8 (1,75)	2,5 (1,73)	0,42 (0,23)	0,82 (0,49)
Полесская	18	10 320 (1300)	8530 (1330)	2,6 (1,0)	0,9 (0,9)	0,31 (0,12)	0,52 (0,29)
Всего:	48	10 825 (310)	7560 (2370)	3,1 (1,7)	1,9 (1,6)	0,45 (0,29)	0,64 (0,36)

П р и м е ч а н и е. В скобках указано среднеквадратическое отклонение.

На севере республики самые древние озера начали формировать сапропель 12,5 тыс. лет назад (озерно-болотные комплексы «Освейское», «Оболь» и др.). В Полесье выявлен объект с еще более древними озерными осадками – торфяное месторождение Иванисовка Пинского района, где формирование донных отложений началось около 13 тыс. лет назад. В целом время образования полесских озер несколько меньше, чем в более северных регионах Беларуси, что подтверждает мнение О. Ф. Якушко о существовании на юге республики безозерного периода в раннем позднеледниковье [29]. Больше всего ОБК, формировавших озерные осадки, выявлено в Центральной провинции, где имеются озера возрастом более 13 тыс. лет, например на месте торфяных месторождений Новоселки Копыльского района и Чернихово Несвижского района.

Как показали исследования [30], время полного заболачивания и прекращение отложения сапропеля для отдельно взятого водоема было различным и зависело от степени проявления неотектонических процессов, перемены климатической обстановки, что, в свою очередь, приводило к изменению базиса эрозии и гидрологического режима. Обобщение имеющихся материалов по возрасту торфо-сапропелевых осадков позволило констатировать, что время полного (или почти полного) заболачивания озер на территории республики увеличивается при движении с севера на юг. Так, если в Поозерье среднее время смены озерной седиментации на торфообразование составляет 6720 лет, то в центральных областях оно увеличивается до 7110, а в Полесье – до 8530 лет (табл. 3).

Такую закономерность по времени заболачивания озер можно объяснить большим периодом контакта озер с болотами в зонах более древних оледенений, что приводило к их раннему зарастанию, затягиванию сплавиной и исчезновению как элементов ландшафтов. Данному процессу способствовала также глубина котловин древних озер Полесья, которые в большинстве были мелководными. Необходимо отметить, что в Центральной провинции, отличающейся заметным разнообразием природных условий, выявлены значительные временные колебания наступления полного заболачивания распространенных здесь озер. Некоторые из них прекратили свое существование уже через 1,0–1,5 тыс. лет после возникновения, другие – только 1,0–2,0 тыс. лет назад.

В связи со сравнительно быстрым заболачиванием раннеголоценовых озер Полесья здесь отмечаются незначительные мощности озерных отложений под торфом, а средняя глубина по 18 исследованным разрезам составляет 0,9 м, тогда как на севере она равна 2,3, а в Центре – 2,5 м (табл. 3). По причине распространения обширных болотных массивов низинного типа в Полесье средняя мощность слоя торфа над сапропелем здесь невелика и составляет 2,6 м, при 2,8 м в Центре и 4,37 м в Поозерье, где торфяные болота верхового типа, отличающиеся высоким годичным приростом торфа, занимают около 40 % общей площади торфяных месторождений [8].

В соответствии с этим скорость накопления торфа в смешанных торфо-сапропелевых месторождениях Поозерья несколько выше, чем донных отложений и составляет 0,69 и 0,6 мм в год соответственно. В районах Полесья и Центральной провинции скорость прироста сапропеля на ОБК была почти в два раза выше: в Полесье озерный сапропель формировался со скоростью 0,52 мм в год, а перекрывший его торф – 0,31 мм в год, тогда как в Центре средние цифры осадконакопления равны 0,82 и 0,42 мм в год соответственно.

Анализ фактического материала показывает, что в позднелеледниковое время осадков выпадало в среднем на 50–150 мм меньше, чем на современном этапе [23], поэтому интенсивность заболачивания и исчезновения озер были незначительны. 8,0–9,5 тыс. лет назад степень увлажнения возросла, осадков выпадало меньше современного только на 10–40 мм и количество перекрытых торфом озер увеличилось.

На протяжении всего периода климатического оптимума (5,0–8,0 тыс. лет назад) фиксируется стойкое увеличение увлажненности климата на фоне его потепления. Среднее количество осадков повсеместно было выше современного на 25–50 мм. Происходило резкое уменьшение количества и площади водоемов на ОБК, особенно в периферических частях за счет расширения участков эвтрофных торфяных месторождений. В это время торфом было перекрыто около 47 % акватории водоемов среди болотных массивов. Следует отметить, что значительно результативнее этот процесс проходил в первой половине периода (6,5–8,0 тыс. лет назад). В более раннее время прекратило свое существование и было заболочено около пятой части всех озер [3, 31].

Период, последовавший за климатическим оптимумом, характеризовался переходом многих торфяных болот Поозерья, Центра и некоторых в Полесье на олиготрофную стадию развития [32]. Этот процесс усилился 2,5–5,0 тыс. лет назад, так как это время характеризовалось заметным

снижением количества осадков и низким темпом заболачивания озер по причине снижения трофности питающих вод. С переходом торфяных болот на стадию мезо-, а затем олиготрофного питания зарастание расположенных здесь водоемов сначала затормозилось, потом прекратилось или даже их водная поверхность несколько увеличилась ввиду размыва торфяных берегов [12]. Поэтому низкая интенсивность отмирания водоемов на ОБК сохранялась в период 2,5–3,7 тыс. лет тому назад, хотя среднее количество осадков было выше современного предположительно на 75 мм в год [23]. Основное количество перекрытых торфом озер в это время приходится на эвтрофные объекты Полесья. Аналогичная тенденция сохранилась в период 0,6–2,5 тыс. лет назад. На современном этапе, начавшемся приблизительно 600 лет назад, несмотря на снижение увлажненности, темпы исчезновения озер под торфом возросли за счет проявления антропогенного фактора, когда широкомасштабные мелиоративные мероприятия конца XIX – середины XX в. привели к снижению уровня воды в озерах на 1–2 м и более.

По материалам торфяного фонда сапропель выявлен в 1256 торфяных месторождениях из 4396, на которые имеются первичные материалы. Иными словами, каждое третье торфяное болото начало развиваться на месте озера. Нами впервые подсчитаны его ресурсы сапропеля под торфяными залежами (табл. 4).

Распределение торфяных болот по областям республики, начинавших свое развитие с озерной стадии, отличается неравномерностью. В Могилевской области озерную стадию прошло лишь одно месторождение из десяти, в Гродненской, Минской и Гомельской – приблизительно каждое пятое имеет в основании торфяных разрезов озерные осадки, в Брестской области – каждое третье. Больше всего древних мелководных озер, перекрытых торфом, выявлено в Витебской области, где более половины торфяных месторождений подстилается сапропелем.

Средняя площадь сапропелевых залежей на торфяных месторождениях, как правило, меньше 100 га и лишь в Брестской области она заметно выше, однако средняя мощность озерных осадков под торфом здесь невелика – всего 0,64 м при средней для всех месторождений республики 1 м. Повышенными темпами заиления древних озер отличаются Витебская и Гродненская области, где средние расчетные мощности сапропеля под торфом равны 1,16 и 1,26 м соответственно. Разведанные общие ресурсы сапропеля под торфяными залежами составляют 1126,8 млн м^3, или 653 млн т в пересчете на условную 40 %-ную влажность (табл. 4).

Ресурсы сапропеля под торфом по типам в разрезе административных областей представлены в табл. 5. Обращает на себя внимание сравнительно равномерное соотношение органического, карбонатного и кремнеземистого сапропеля по областям с небольшим преобладанием последнего.

Таблица 4. **Ресурсы сапропеля на изученных торфяных месторождениях Беларуси (по состоянию на 01.10.2018 г.)**

Table 4. **Sapropel resources on the studied peat deposits of Belarus (as to 01.10.2018)**

Область	Количество т.м.	Общая площадь т.м., км^2	Изученные на сапропель т.м.				Площадь сапропеля, км^2	Средняя мощность сапропеля, м	Изученные ресурсы сапропеля, объем, млн м^3 / запас, млн т
			количество		площадь, км^2				
			всего	с сапропелем	общая	в том числе с сапропелем			
Брестская	459	6816,0	450	151	6777,7	3864,5	282,4	0,64	180,2 / 112,7
Витебская	1807	3640,2	1186	643	3167,8	2729,6	537,8	1,16	627,8 / 324,0
Гомельская	1459	5241,6	580	108	4270,4	1953,7	69,7	0,9	63,2 / 36,6
Гродненская	403	1652,4	382	81	1612,5	864,9	71,5	1,26	89,5 / 70,9
Минская	1277	5850,2	773	179	5121,0	2243,7	137,6	0,86	117,8 / 78,7
Могилевская	1650	2237,4	1025	94	1844,2	651,4	64,2	0,75	48,3 / 30,1
Всего:	7055	25 437,8	4396	1256	22 793,6	12 307,8	1163,2	1,0	1126,8 / 653,0

Таблица 5. **Типологический состав сапропеля на торфяных месторождениях Беларуси**

Table 5. **The typological composition of sapropel in the peat deposits of Belarus**

Область	Общий объем, млн м^3	Объем сапропеля по типам, млн м^3				
		органический	кремнеземистый	карбонатный	смешанный	тип н.о.
Брестская	180,2	41,3	51,2	69,0	13,7	5,0
Витебская	627,8	218,1	214,4	115,1	59,0	21,2
Гомельская	63,2	16,7	27,4	16,1	1,4	1,6
Гродненская	89,5	6,1	24,2	51,1	7,4	0,7
Минская	117,8	27,3	31,8	36,9	17,2	4,6
Могилевская	48,3	13,6	12,9	13,3	5,4	3,1
Всего:	1126,8	323,1	361,9	301,5	104,1	36,2

В озерах превалирует кремнеземистый тип сапропеля, запасы которого составляют около 70 % общего объема отложений, 19 % приходится на органический тип и только 7 и 6 % на карбонатный и смешанный тип соответственно (рис. 3). Можно заключить, что сапропель под торфом, в силу большего содержания органического вещества, значительная часть которого имеет торфяной генезис, и наличию карбонатного материала отличаются более сбалансированным для использования в различных отраслях хозяйства вещественным составом, чем сапропель современных озер. Кроме того, месторождения сапропеля под торфом распределены по территории сравнительно равномерно. Имеется только три района (Чериковский, Мозырский, Ельский) без разведанных запасов сапропеля под торфом, тогда как без ресурсов озерного сапропеля насчитывается 34 района [33].

Сапропель под торфом северных районов республики отличается преобладанием органических разностей в силу изолированности большинства древних озер, формировавших донные отложения в этот период. В Центральной и Полесской провинциях под торфом преобладает карбонатный сапропель, хотя доля органического и кремнеземистого остается довольно высокой. Повышенное накопление смешанного сапропеля в основании торфяных залежей характерно для Центральной провинции, особенно в Минской и Могилевской областях.

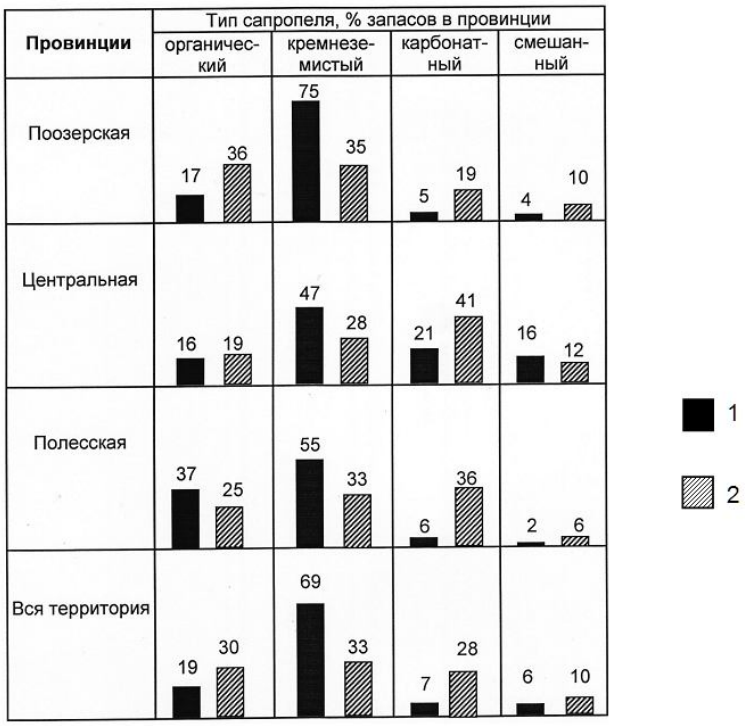


Рис. 3. Сопоставление типологического состава сапропеля в озерах (*1*) и под торфом (*2*) по природным провинциям

Fig. 3. The comparison of the typological composition of sapropel in lakes (*1*) and under peat (*2*) in natural provinces

Как показано выше (см. табл. 2) прогнозные ресурсы сапропеля в неисследованных торфяных болотах составляют около 130 млн м^3, или более 71 млн т. Общие геологические ресурсы сапропеля на торфяных месторождениях с учетом прогнозных ресурсов на неизученных объектах составляют 1,26 млрд м^3, или 0,72 млрд т в пересчете на 60 %-ную условную влажность.

Принимая в расчет условия залегания, вещественный состав и возможности добывать сапропель, все выбывшие из эксплуатации торфоучастки и отдельные торфяные месторождения разделены на три группы: весьма перспективные для разработки, перспективные и условно перспективные, – где сапропель распространен в виде мелкоконтурных залежей в ограниченных местах, общая площадь которых составляет не более 30 % площади.

Сравнение контуров распространения сапропеля на озерно-болотных комплексах и границ выбывших из эксплуатации торфоучастков на них позволило определить 487 торфяных месторождений, на которых возможна организация добычи сапропеля. Распределение ресурсов сапропеля на перспективных для освоения разрабатываемых и выработанных торфяных месторождениях по областям представлено в табл. 6.

Общая площадь сапропелевой залежи на перспективных для добычи сапропеля выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях составляет 59,2 тыс. га при средней мощности осадков около 1 м. Объем сапропеля оценивается в 574,16 млн м^3, или почти 352 млн т. Преобладает кремнеземистый сапропель – 35 % общего объема. Органические и карбонатные осадки составляют соответственно 27 и 26 % общего объема, смешанные – 11 %. Стратиграфия торфа над сапропелем обусловлена характером водно-минерального питания и, в большей степени, вещественным составом подстилающих осадков, особенно в придонных слоях торфа. В общих чертах стратиграфическое строение перекрывающих сапропель пластов торфа подчиняется выявленным ранее закономерностям [34].

Из всех перспективных для разработки сапропеля торфяных месторождений 96 относится к категории весьма перспективных, из которых 64 расположено в Витебской области, 155 – к категории перспективных и 236 – к условно перспективным. Все перспективные для добычи сапропеля торфяные участки и отдельные месторождения представлены на картосхеме рис. 4.

С учетом площадей и объемов распространения сапропеля на разных по степени перспективности по условиям их разработки торфоучастках, существующих способов отработки сапропелевых залежей, имеющегося опыта добычи, можно предположить, что на весьма перспективных для выработки сапропеля торфяных месторождениях степень его извлечения будет около 50 % от общих ресурсов, на перспективных – не более 25 % и условно перспективных – около 10 % по причине мелкоконтурности и малых мощностей сапропелевых осадков. В соответствии с приведенными выше цифрами рассчитаны потенциально извлекаемые ресурсы сапропеля на выбывших из эксплуатации площадях торфяных месторождений, которые составляют около 108 млн т или 15 % от общих геологических ресурсов, залегающих под торфом.

Таблица 6. **Ресурсы сапропеля на перспективных для их освоения выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях**

Table 6. **Sapropel resources on promising peat deposits for their development of the peat deposits excluded from the usage**

Область	Количество т.м.	Площадь, тыс. га торф сапропель	Средняя		Объем, млн м^3 Запас, млн т сапропеля	В том числе объем, млн м^3	
			мощность, м	зола, %		органический	карбонатный
Брестская	44	51,25 7,54	0,75	52,9	56,89 36,27	3,83	26,42
Витебская	186	101,61 28,21	1,07	38,0	302,01 164,82	110,82	47,56
Гомельская	66	41,54 3,88	1,12	52,7	43,28 23,5	11,11	12,48
Гродненская	42	33,76 4,54	1,13	62,8	51,30 45,57	2,41	22,68
Минская	92	81,3 9,25	0,85	51,7	78,54 55,71	15,22	29,70
Могилевская	57	41,49 5,82	0,72	44,9	42,14 26,12	12,72	11,16
Всего:	487	350,95 59,24	0,97	45,2	574,16 351,99	156,12	150,00

Установлено, что 55 % извлекаемых ресурсов сапропеля на выработанных торфоучастках распространено в Витебской области – 59,3 млн т. В Брестской и Витебской областях потенциально извлекаемые ресурсы составляют около 40 % общего объема, залегающих на выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях. Для остальных областей эта величина значительно ниже и колеблется от 20 до 26 %.

В сапропеле озер идентифицировано более 30 микроэлементов (МКЭ) и на большом фактическом материале установлены фоновые концентрации, что важно для практического использования озерных отложений [35]. Данные по распределению микроэлементов в залежах сапропеля под торфом менее полные и представлены в единичных материалах детальной разведки торфяных месторождений и научно-исследовательских работах.

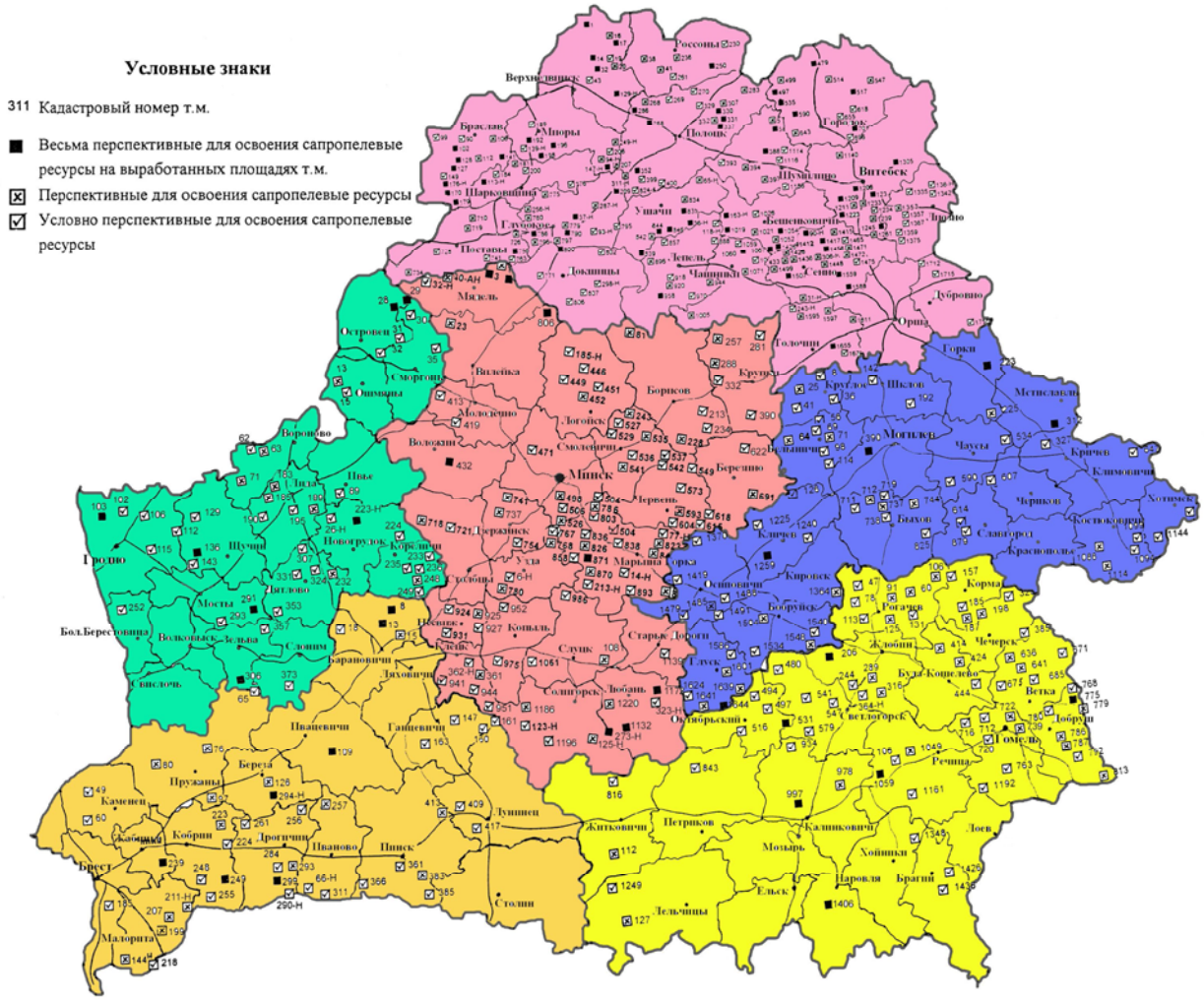


Рис. 4. Картосхема размещения перспективных для разработки сапропеля торфяных месторождений

Fig. 4. Schematic map of peat deposits placement that are promising for sapropel development

Собранные данные по наличию МКЭ в озерных отложениях под торфом проанализированы в соответствии с приемами, которые применялись раннее для характеристики сапропеля современных озер [36]. Для этого в пределах трех педогеохимических провинций, выделенных Н. Н. Петуховой [37], – Поозерской, Центральной и Полесской, рассчитывались медианные и средние значения содержаний МКЭ в торфоподстилающем сапропеле. Затем, для правомочности сравнительного анализа, медианные значения каждого элемента в пределах провинций соотносились с медианными значениями для всей территории республики и рассчитывались кларки концентрации (КК), которые показывали рассеяние либо концентрирование элементов в осадках рассматриваемой территории. Всего были получены данные по содержанию микро- и макроэлементов в 164 образцах сапропеля 79 торфяных месторождений, которые были использованы для расчетов геохимических индексов.

Средний валовый состав торфоподстилающего сапропеля приведен в табл. 7. Зольность озерных осадков под торфом, а также содержание в них кремния закономерно увеличиваются с севера на юг, а общего азота – снижаются. Для погребенного под торфом сапропеля Центральной провинции характерна повышенная карбонатность при сравнительно незначительном содержании кремния, алюминия и калия.

В Полесской провинции исследованный сапропель также обладает повышенной минеральностью ввиду привноса обломочного материала и седиментации карбонатных минералов. В целом вещественный состав сапропеля торфяных месторождений, по которым рассчитывались региональные кларки и кларки концентрации микроэлементов, приблизительно соответствовал соотношению типов, установленному для общих ресурсов сапропеля под торфом в каждой провинции (см. рис. 3), и поэтому проведенные расчеты можно считать репрезентативными. В Поозерской провинции преобладали органические и кремнеземистые осадки, в Центральной – карбонатные и в Полесской – карбонатные и кремнеземистые.

Анализ рассчитанных региональных кларков и кларков концентраций МКЭ в сапропеле, подстилающем торфяные залежи, показал, что торфоподстилающий сапропель обеднен по сравнению с озерным, состав которого изучен ранее [35], многими МКЭ: Cr – в 2,2 раза; Ti – в 2; V, Zr – в 1,5; Cu, Ni, Co – в 1,4; Mn – в 1,3 раза.

Дефициту МКЭ в сапропеле ранних этапов его формирования способствовало их низкое содержание в ландшафтах по причине невысокой геохимической активности среды того времени, незначительного содержания гумуса в почве, неустойчивого состояния растительного покрова. Многочисленные заторфованные территории на приозерьях служили геохимическим барьером на пути миграции элементов в мелководные бассейны седиментации, которые впоследствии превратились в болота. Как показывают исследования пойменных почв того времени, химизм их обусловливался в основном физическим, а не химическим выветриванием пород. Поэтому для большинства МКЭ характерны КК ниже единицы, что свидетельствует о рассеянии их в пойменных почвах [38]. Так, КК были равны: для Cr – 0,4; для V, Pb – 0,5; для Mn, Ni, Co – 0,7; для Ti – 0,8; для Cu – 1,0 и только для Zr выявлено незначительное превышение кларка – 1,3. В последующие периоды КК многих МКЭ заметно возросли: для Mn они составили 1,8–2,8; для Zr – 1,6–1,9; для Ti, Cu, Co – 1,2–1,5; для Pb – 1,0. Для Ni, V, Cr они также возросли, однако их значения остались ниже 1,0.

Если для озерного сапропеля отчетливо прослеживается закономерность уменьшения концентрации всех МКЭ с севера на юг, что отражает геохимическую специфику регионов и различия в структуре запасов сапропеля, то для торфоподстилающих озерных осадков данная тенденция сохраняется только для распределений Ni, Zr и Cu. Повышенные содержания последнего элемента отмечаются в объектах Поозерья, развитых на морене.

В надсапропелевом торфе концентрации микроэлементов заметно ниже: в поверхностных горизонтах верховых болот Беларуси, испытывающих наибольшее антропогенное влияние, накопление микроэлементов в 3–6 раз меньше, чем в торфоподстилающем сапропеле [39]. Глубинные слои торфяных месторождений верхового типа по сравнению с поверхностными в 2–11 раз обеднены МКЭ.

Широкая распространенность месторождений торфоподстилающего сапропеля, специфический химический состав донных отложений под торфом и простота технологий разработки залежей являются факторами, способствующими эффективному использованию этого полезного ископаемого.

Таблица 7. **Валовый состав и некоторые общетехнические показатели сапропеля под торфом**

Table 7. **Gross composition and some general technical indicators of sapropel under peat**

Педогеохимическая провинция	W	A^c	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Fe_2O_3	CaO	$N_{общ.}$	pH, ед.
	% сухого вещества								
Поозерская	77,7-96,4 90,4	6,0-75,1 33,9	2,8-63,4 18,5	0,5-9,1 2,7	0,03-2,5 0,52	0,1-6,8 2,4	1,1-30,3 6,0	1,2-4,0 2,3	4,3-7,6 6,2
Центральная	44,8-94,9 80,6	5,1-84,7 44,5	0,6-76,4 15,4	0,2-5,6 2,0	0,1-1,5 0,44	0,3-14,1 2,3	0,7-47,6 18,2	0,3-3,8 1,9	4,4-8,3 7,1
Полесская	38,8-92,3 72,1	20,2-89,3 56,2	0,8-72,0 30,1	0,2-10,0 3,3	0,1-2,2 0,8	0,3-6,7 2,7	1,5-44,1 17,1	0,2-3,5 1,2	5,4-8,1 7,2
Вся территория	38,8-96,4 82,9	5,1-89,3 42,8	0,6-76,4 21,0	0,2-10,0 2,7	0,03-2,5 0,57	0,1-14,1 2,5	0,7-47,6 13,1	0,2-4,0 1,95	4,3-8,3 6,75

Примечание. Числитель – пределы содержания, знаменатель – средние значения.

Выводы.

1. Показано, что каждое третье торфяное болото образовалось на месте заиленного озера, а абсолютное большинство крупных торфяных месторождений начало развитие с озерной стадии. В 1250 болотах попутно с торфом разведано более 1120 млн м^3, или 652 млн т сапропеля в пересчете на 60 %-ную влажность. Прогнозные ресурсы сапропеля в неисследованных торфяных болотах составляют около 130 млн м^3, или более 71 млн т.

2. Полученные стратиграфические материалы свидетельствуют, что возрастная граница массового отмирания озер и превращения их в торфяные болота становится моложе по мере продвижения на север от территории Полесья к районам Поозерья. Установлено, что южнее границы последнего оледенения ежегодные темпы вертикального прироста донных отложений были на 70–100 % выше, чем сменившего их торфа. В Поозерье, за счет широкого развития болот верхового типа, скорость накопления перекрывшего сапропель торфа несколько выше, чем подстилающих озерных осадков. Процессы полного заиления озерных котловин и исчезновение мелководных водоемов на ОБК наиболее интенсивно происходило 7–9 тыс. лет назад, когда прекратило существование почти 50 % заболоченных озер.

3. С учетом условий залегания, вещественного состава и возможности добывать сапропель все выбывшие из эксплуатации торфоучастки, отдельные торфяные месторождения разделены на три группы: весьма перспективные для разработки торфоучастки (торфяные месторождения), перспективные и условно перспективные. Определено 487 торфяных месторождений, на которых возможна организация добычи сапропеля. Составлена картосхема их размещения. Общая площадь сапропелевой залежи на перспективных для добычи сапропеля выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях составляет 59,2 тыс. га при средней мощности осадков около 1 м. Объем сапропеля оценивается в 574,16 млн м^3, или почти 352 млн т. Преобладает кремнеземистый сапропель – 35 % общего объема. Органические и карбонатные осадки составляют соответственно 27 и 26 % общего объема, смешанные – 11 %. Установлено, что 55 % извлекаемых ресурсов сапропеля на выработанных торфоучастках распространено в Витебской области – 59,3 млн т. В Брестской и Витебской областях потенциально извлекаемые ресурсы составляют около 40 % общего объема, залегающих на выбывших из эксплуатации торфяных месторождениях. Для остальных областей эта величина значительно ниже и колеблется от 20 до 26 %.

4. Показано, что типологический состав сапропеля под торфом более сбалансирован по качественной структуре, чем в озерах. Общие объемы залежей кремнеземистого, органического и карбонатного сапропеля здесь практически равны и составляют соответственно 32, 29 и 27 % общих запасов, а объем смешанного сапропеля несколько меньше, чем остальных и составляет 12 %.

5. Расчет региональных кларков и кларков концентраций микроэлементов в торфоподстилающем сапропеле показал, что данный тип пород обеднен многими из них в сравнении с сапропелем современных озер: Cr и Ti – более чем в 2,0 раза; V, Zr, Cu, Ni, Co – в 1,5, Mn – в 1,3 раза. Причинами рассеяния микроэлементов в осадках мелководных древних озер, которые впоследствии были перекрыты торфом, являются наличие геохимических барьеров в виде обширных заторфованных территорий на приозерьях, невысокая геохимическая активность среды из-за низкого содержания гумуса в почвах и неустойчивое состояние растительного покрова на ранних этапах осадкообразования.

Список использованных источников

1. Ракович, В. А. Генезис, современное состояние и пути биосферно совместимого использования торфяных месторождений (на примере Белорусского Поозерья) : дис. … канд. техн. наук : 05.15.05 / В. А. Ракович. – Минск, 1997. – 220 с.

2. Кузьмин, Г. Ф. Болота и их использование / Г. Ф. Кузьмин // Сб. науч. тр. / ВНИИТП ; под ред. В. Г. Селеннова. – СПб., 1993. – Вып. 70. – 140 с.

3. Kurzo, B. Relationships of under-peat sapropel forming on the territory of Belarus and classification of peat-sapropel deposits / B. Kurzo, O. Gajdukevich // Advanced methods and solutions in water engineering: selected papers of the conf., dedicated to the 60 year anniversary of the Faculty of Water and Land management, Birštonas, 12–13 Oct. 2006 y. / Lithuanian Univer. of Agricul. ; compil. A. Dumbrauskas [et al.]. – Birštonas (Lithuania), 2006. – P. 147–151.

4. Соловьев, М. М. Типы и распространение сапропелевых отложений в северной части БССР / М. М. Соловьев // Торф и его использование в народном хозяйстве. – Минск, 1935. – С. 279–287.

5. Гайдукевич, О. М. Энергозатраты при разработке сапропелевых месторождений / О. М. Гайдукевич, Б. В. Курзо, Л. П. Пекач // Природопользование : сб. науч. тр. – Минск, 2001. – Вып. 7. – С. 107–109.

6. Скоропанов, С. Г. Перспективы использования отложений карбонатных сапропелей вырабатываемых торфяников Белорусской ССР / С. Г. Скоропанов [и др.] // Вес. Акад. навук БССР. Сер. с.-г. навук. – 1975. – № 3. – С. 26–30.

7. Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР : утв. зам. министра геологии СССР 21.01.1983. – М. : ПО «Торфгеология», 1983.– 193 с.

8. Торфяной фонд Белорусской ССР : кадастровый справочник : в 6 т. – Минск,1979. – 6 т.

9. Лопотко, М. З. Методические указания по поискам и разведке озерных месторождений сапропелей БССР / М. З. Лопотко [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1986. – 115 с.

10. СТБ 17.04.02-01-2010. Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Сапропель. Промышленно-генетическая классификация. – Минск : Госстандарт. – 6 с.

11. Курзо, Б. В. Закономерности формирования и проблемы использования сапропеля / Б. В. Курзо. – Минск : Беларуская навука, 2005. – 224 с.

12. Пидопличко, А. П. Озерные отложения Белорусской ССР / А. П. Пидопличко. – Минск : Наука и техника, 1975. – 120 с.

13. Бартош, Т. Д. Геология и ресурсы пресноводных известковых отложений голоцена: средняя полоса Европейской части СССР / Т. Д. Бартош. – Рига : Зинатне, 1976. – 256 с.

14. Kulczynski, S. Stratygrafija torfowisk Polesja / S. Kulczynski // Prace Biura melioracii Polesja. – Brzesc nad Bugiem, 1930. – T. 1. – S. 37–84.

15. Тюремнов, С. Н. История развития торфяников БССР в послеледниковое время / С. Н. Тюремнов // Сб. науч. тр. Ин-та торфа Акад. наук БССР. – Минск, 1951. – Вып. 1. – С. 88–111.

16. Нейштадт, М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене / М. И. Нейштадт. – М., 1957. – 404 с.

17. Махнач, Н. А. Палинологическая оценка озерных отложений севера Белоруссии в поздне- и послеледниковое время / Н. А. Махнач, О. Ф. Якушко, В. А. Калечиц // Палинологические исследования в Белоруссии и других районах СССР. – Минск, 1971. – С. 113–121.

18. Вознячук, Л. Н. Морфология, строение и история развития долины Немана в неоплейстоцене и голоцене / Л. Н. Вознячук, М. А. Вальчик. – Минск : Наука и техника, 1978. – 212 с.

19. Богдель, И. И. Развитие природы Белоруссии в голоцене : дис. … канд. геогр. наук : 11.00.04 / И. И. Богдель. – Минск, 1984. – 192 с.

20. Зерницкая, В. П. Развитие растительности западной части Копыльской гряды в позднеледниковье и голоцене / В. П. Зерницкая // Географические аспекты рационального природопользования. – Минск, 1985. – С. 110–116.

21. Зерницкая, В. П. Условия формирования и спорово-пыльцевые комплексы Высоко-Махновичского торфяника / В. П. Зерницкая // Современные рельефообразующие процессы. – Минск : Наука и техника, 1986. – С. 49–54.

22. Зерницкая, В. П. Этапы формирования котловины оз. Споровское / В. П. Зерницкая, Г. И. Дайнеко // Современные рельефообразующие процессы. – Минск : Наука и техника, 1986. – С. 55–61.

23. Еловичева, Я. К. Палинология позднеледниковья и голоцена Белоруссии / Я. К. Еловичева. – Минск : Навука і тэхніка, 1993. – 94 с.

24. Пидопличко, А. П. Торфяные месторождения Белоруссии / А. П. Пидопличко. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1961. – 192 с.

25. Zernitskaya, V. P. The evolution of lakes in the Poles(ye in the late glacial and holocene / V. P. Zernitskaya // Quaternary International. – 1997. – Vol. 41/42. – P. 153–160.

26. Simakova, G. Peculiarities of the paleogeography in the vicinity of the Krivina peat-bog in the late glacial and holocene / G. Simakova // Acta Palaeobot : Proceedings 5th EPPC. – 1999. – Suppl. 2. – P. 609–614.

27. История формирования ложбины стока ледниковых вод Гиньково–Свядово–Долгое / Б. П. Власов [и др.] // Прикладная лимнология: лимнологическое и геоморфологическое обеспечение рационального природопользования : сб. науч. ст. – Минск : БГУ, 2002. – Вып. 3. – С. 166–175.

28. Kurzo, B. Relationships of sapropel formation in lake-mire complexes of Belarus / B. Kurzo, O. Hajdukiewicz, O. Krasnoberskaya // Limnological review. – Sosnowiec (Poland), 2004. Vol. 4. – P. 125–131.

29. Якушко, О. Ф. Озероведение: география озер Белоруссии / О. Ф. Якушко. – Минск : Высшая школа, 1981. – 223 с.

30. Курзо, Б. В. Особенности озерного осадконакопления на территории Белорусского Полесья / Б. В. Курзо, И. С. Бракович, С. В. Богданов // Разведка и охрана недр. – 1992. – № 2. – С. 12–13.

31. Курзо, Б.В. Закономерности формирования запасов сапропеля в озерно-болотных комплексах Беларуси / Б.В. Курзо, О.М. Гайдукевич, О.Г. Красноберская // Природопользование : сб. науч. тр. – Минск, 2005. – Вып. 11. – С. 226–231.

32. Беленький, С. Г. Возраст торфяных месторождений верхового типа Беларуси и происхождение пограничного горизонта / С. Г. Беленький, Б. В. Курзо // Вес. Акад. навук БССР. Сер. біял. навук. – 1988. – № 2. – С. 33–37.

33. Курзо, Б. В. Геологические особенности, вещественный состав сапропелевых залежей озер и торфяных месторождений центральных и южных областей Белоруссии / Б. В. Курзо, С. В. Богданов // История озер. Рациональное использование и охрана озерных водоемов : тез. докл. VIII Всесоюз. симп., Минск, 17–22 апр. 1989 г. – Минск, 1989. – С. 351–352.

34. Смеловский, В. Е. Определение геоморфологической группы торфяного месторождения / В. Е. Смеловский, А. П. Гаврильчик, С. Т. Мультан // Природопользование : сб. науч. тр. – Минск : ИГН НАН Беларуси, 2000. – Вып. 6. – С. 111–116.

35. Гордобудская, О. М. Характеристика фонового накопления некоторых микроэлементов в сапропелях озер Белоруссии / О. М. Гордобудская, Б. В. Курзо, Т. К. Будай // Геохимия. – 2000. – № 9. – С. 1018–1024.

36. Гордобудская, О. М. Анализ регионального накопления микроэлементов в сапропелях / О. М. Гордобудская, Б. В. Курзо, Ю. Л. Бурак // Природопользование : сб. науч. тр. – Минск, 1996. – Вып. 1. – С. 17–24.

37. Раковский, В. Е. Химическое исследование торфов БССР / В. Е. Раковский, В. С. Позняк // Химия и генезис торфа и сапропелей : сб. науч. ст. – Минск : Изд-во Акад. наук БССР, 1962. – С. 30–43.

38. Петухова, Н. Н. Геохимическое состояние почвенного покрова Беларуси / Н. Н. Петухова, В. А. Кузнецов // Природные ресурсы. – 1999. – № 4. – С. 40–49.

39. Кухарчик, Т. И. Верховые болота Беларуси: Трансформация, проблемы использования / Т. И. Кухарчик. – Минск : Навука і тэхніка, 1996. – 135 с.

References

1. Rakovich V. A. *Genezis, sovremennoe sostojanie i puti biosferno sovmestimogo ispol'zovanija torfjanyh mestorozhdenij (na primere Belorusskogo Poozer'ja)*. Avtoref. dis. … kand. tehn. nauk [Genesis, current state and the ways of the biosphere compatible use of peat deposits (on the example of the Belarusian Poozerie). Ph.D. of techn. sci. diss.]. Minsk, 1997, 22 p. (in Russian).

2. Kuz'min G. F. *Bolota i ih ispol'zovanie. Sb. nauch. tr. VNIITP; pod red. V.G. Selennova* [Marshes and their use. Compilation of scientific. rep. VNIITP; ed. V. G. Selennov]. St. Petersburg, 1993, vol. 70, 140 p. (in Russian).

3. Kurzo B., Gajdukevich O. *Relationships of under-peat sapropel forming on the territory of Belarus and classification of peat-sapropel deposits*. Advanced methods and solutions in water engineering: selected papers of the conf., dedicated to the 60 year anniversary of the Faculty of Water and Land management, Birštonas, 12–13 oct. 2006 y. Lithuanian Univer. of Agricul. Birštonas (Lithuania), 2006, pp. 147–151 (in Russian).

4. Solov'ev M. M. *Tipy i rasprostranenie sapropelevyh otlozhenij v severnoj chasti BSSR* [The types and distribution of sapropel deposits in the northern part of the BSSR]. *Torf i ego ispol'zovanie v narodnom hozjajstve = Peat and its use in the national economy*, Minsk, 1935, pp. 279–287 (in Russian).

5. Gajdukevich O. M., Kurzo B. V., Pekach L. P. *Ehnergozatraty pri razrabotke sapropelevyh mestorozhdenij* [Energy consumption in the development of sapropel deposits]. *Prirodopolzovanie, Sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus "Nature Management",* Minsk, 2001, vol. 7, pp. 107–109 (in Russian).

6. Skoropanov S. G., Lishtvan I. I., Tishkovich A. V., Virjasov G. P. *Perspektivy ispol'zovanija otlozhenij karbonatnyh sapropelej vyrabatyvaemyh torfjanokov Belorusskoj SSR* [Prospects for the use of carbonate sapropel deposits produced by the peat of the Belorusian SSR]. *Vesci AN BSSR. Ser. s.-g. navuk = Proc. of the Academy of Sciences of the BSSR. Agricultural Sciences Series.* 1975, no. 3, pp. 26–30 (in Russian).

7. *Instrukcija po razvedke torfjanyh mestorozhdenij SSSR* [Instructions for the exploration of peat deposits of the USSR]. Moscow, 1983, 193 p. (in Russian).

8. *Kadaskrovyj spravovnik "Torpjanoj fond Belorusskoj SSR" v 6 t*. [Cadastral reference book «Peat Fund of the Belorussian SSR» in 6 vol.]. Minsk, 1979, 1628 p. (in Russian).

9. Lopotko M. Z., Evdokimova G. A., Bukach O. M., Bambalov N. N., Kurzo B. V., Bogdanov S. V. *Metodicheskie ukazanija po poiskam i razvedke ozernyh mestorozhdenij sapropelej BSSR* [Guidelines for the prospecting and exploration of lake deposits of BSSR sapropel]. Minsk, 1986, 115 p. (in Russian).

10. STB 17.04.02-01-2010. *Ohrana okruzhajuschej sredy i prirodopol'zovanie. Nedra. Sapropel'. Promyshlennogeneticheskaja klassifikacija* [Standard of Belarus 17.04.02-01-2010. Environmental protection and nature management. Sabsoil. Sapropel. Industrial-genetic classification]. Minsk, 2010, 6 p. (in Russian).

11. Kurzo B. V. *Zakonomernosti formirovanija i problemy ispol'zovanija sapropelja* [The laws of formation and the problems of sapropel use]. Minsk, 2005, 224 p. (in Russian).

12. Pidoplichko A. P. *Ozernye otlozhenija Belorusskoj SSR* [Lake sediments of the Belorusian SSR]. Minsk, 1975, 120 p. (in Russian).

13. Bartosh T. D. *Geologija i resursy presnovodnyh izvestkovyh otlozhenij golocena: srednjaja polosa Evropejskoj chasti SSSR* [Geology and the resources of Holocene freshwater limestone deposits: the middle zone of the European part of the USSR]. Riga, 1976, 256 p. (in Russian).

14. Kulczynski S. Stratygrafija torfowisk Polesja. Prace Biura melioracii Polesja. Brzesc nad Bugiem, 1930, vol. 1, pp. 37–84.

15. Tjuremnov S. N. *Istorija razvitija torfjanikov BSSR v poslelednikovoe vremja* [The history of the peatlands' development of the BSSR in the post-glacial time]. *Sb. nauchn. tr. in-ta torfa AN BSSR = Collec. of scientific works of the Inst. of peat of the Acad. of Sciences of the BSSR*. Minsk, 1951, vol. 1, pp. 88–111 (in Russian).

16. Nejshtadt M. I. *Istorija lesov i paleogeografija SSSR v golocene* [Forest history and paleogeography of the USSR in the Holocene]. Moscow, 1957, 404 p. (in Russian).

17. Mahnach N. A., Jakushko O. F., Kalechic V. A. *Palinologicheskaja ocenka ozernyh otlozhenij severa Belorussii v pozdne- i poslelednikovoe vremja* [The palynological assessment of the lake sediments of the north of Belarus in the late and post-glacial time]. *Palinologicheskie issledovanija v Belorussii i drugih rajonah SSSR = Palynological studies in Belarus and other regions of the USSR*. Minsk, 1971, pp. 113–121 (in Russian).

18. Voznjachuk L. N., Val'chik M. A. *Morfologija, stroenie i istorija razvitija doliny Nemana v neoplejstocene i golocene* [The morphology, structure and history of the Neman Valley in the Neo-Pleistocene and Holocene]. Minsk, 1978, 212 p. (in Russian).

19. Bogdel' I. I. *Razvitie prirody Belorussii v golocene.* Avtoref. dis. kand. geogr. nauk [The development of Belarusian nature in the Holocene. Dr. geogr. sci. diss.]. Minsk, 1984, 19 p. (in Russian).

20. Zernickaja V. P. *Razvitie rastitel'nosti zapadnoj chasti Kopyl'skoj grjady v pozdnelednikov'e i golocene* [Vegetation development in the western part of the Kopyl range in the Late Glacial and Holocene]. *Geograficheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovanija = The geographical aspects of environmental management.* Minsk, 1985, pp. 110–116 (in Russian).

21. Zernickaja, V. P. *Uslovija formirovanija i sporovo-pyl'cevye kompleksy Vysoko-Mahnovichskogo torfjanika* [Formation conditions and the spore-pollen complexes of the Vysoko-Makhnovichsky peatland]. *Sovremennye rel'efoobrazujuschie process = Modern relief-forming processes.* Minsk, 1986, pp. 49–54 (in Russian).

22. Zernickaja V. P., Dajneko G. I. *Etapy formirovanija kotloviny oz. Sporovskoe* [The stages of lake Sporovskoe basin formation]. *Sovremennye rel'efoobrazujuschie process = Modern relief-forming processes.* Minsk, 1986, pp. 55–61. (in Russian).

23. Elovicheva J. K. *Palinologija pozdnelednikov'ja i golocena Belorussii* [Polynology of Late Glacial and Holocene of Belarus]. Minsk, 1993, 94 p. (in Russian).

24. Pidoplichko A. P. *Torfjanye mestorozhdenija Belorussii* [Peat deposits of Belarus]. Minsk, 1961, 192 p.

25. Zernitskaya V. P. The evolution of lakes in the Poles in the late glacial and Holocene. Quaternary International. 1997, vol. 41/42, pp. 153–160 (in Russian).

26. Simakova G. Peculiarities of the paleogeography in the vicinity of the Krivina peat-bog in the late glacial and Holocene. Acta Palaeobot : Proceedings 5th EPPC, 1999, suppl. 2, pp. 609–614 (in Russian).

27. Vlasov B. P., Zernickaja V. P., Kolkovskij V. M., Pavlova I. D. *Istorija formirovanija lozhbiny stoka lednikovyh vod Gin'kovo-Svjadovo-Dolgoe* [The history of the formation of the hollow of the Ginkovo – Svyadovo – Dolgoe glacier water flow]. *Prikladnaja limnologija: limnologicheskoe i geomorfologicheskoe obespechenie racional'nogo prirodopol'zovanija: sb. nauch. st. = Applied limnology: limnological and geomorphological support for environmental management: coll. of scient. rep.* Minsk, 2002, vol. 3, pp. 166–175 (in Russian).

28. Kurzo B., Hajdukiewicz O., Krasnoberskaya O. Relationships of sapropel formation in lake-mire complexes of Belarus. Limnological review. Sosnowiec (Poland), 2004, vol. 4, pp. 125–131 (in Russian).

29. Jakushko O.F. *Ozerovedenie: geografija ozer Belorussii* [Limnology: the geography of the lakes of Belarus]. Minsk, 1981, 223 p. (in Russian).

30. Kurzo B. V., Brakovich I. S., Bogdanov S. V. *Osobennosti ozernogo osadkonakoplenija na territorii Belorusskogo Poles'ja* [Peculiarities of lake sedimentation on the territory of Belarusian Palesia]. *Razvedka i ohrana nedr = Exploration and the protection of mineral resources*, 1992, no. 2, pp. 12–13 (in Russian).

31. Kurzo B. V., Gajdukevich O. M., Krasnoberskaja O. G. *Zakonomernosti formirovanija zapasov sapropelja v ozerno-bolotnyh kompleksah Belarusi* [The regularities of sapropel stocks formation in the lake-marsh complexes of Belarus]. *Prirodopol'zovanie, sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management National Academy of Sciences of Belarus «Nature Management»,* Minsk, 2005, vol. 11, pp. 226–231 (in Russian).

32. Belen'kij S. G., Kurzo B. V. *Vozrast torfjanyh mestorozhdenij verhovogo tipa Belarusi i proishozhdenie pogranichnogo gorizonta* [The age of the peat deposits of the upper type of Belarus and the origin of the border horizon]. *Vesti AN BSSR. Ser. biol. nauk = News of the AS of BSSR. Ser. of biol. science*, 1988, no. 2, pp. 33–37 (in Russian).

33. Kurzo B. V., Bogdanov S. V. *Geologicheskie osobennosti, veschestvennyj sostav sapropelevyh zalezhej ozer i torfjanyh mestorozhdenij central'nyh i juzhnyh oblastej Belorussii* [Geological peculiarities, the material composition of the sapropel deposits of lakes and the peat deposits of the central and southern regions of Belarus]. *Istorija ozer. Racional'noe ispol'zovanie i ohrana ozernyh vodoemov: tez. dokl. VIII Vsesojuzn. Simpoziuma* [The history of lakes. Rational use and the protection of lake waters: the abstracts of the reports VIII All-Union. symposium], Minsk, 1989, pp. 351–352 (in Russian).

34. Smelovskij V. E., Gavril'chik A.P., Mul'tan S.T. *Opredelenie geomorfologicheskoj gruppy torfjanogo mestorozhdenija* [The determination of the geomorphological group of the peat deposit]. *Prirodopol'zovanie, sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management National Academy of Sciences of Belarus «Nature Management»,* Minsk, 2000, vol. 6, pp. 111–116 (in Russian).

35. Gordobudskaja O. M., Kurzo B. V., Budaj T. K. *Harakteristika fonovogo nakoplenija nekotoryh mikroehlementov v sapropeljah ozer Belorussii* [The characteristics of the background accumulation of certain trace elements in the sapropel of the lakes of Belarus]. *Geohimija = Geochemistry*, 2000, no. 9, pp.1018–1024 (in Russian).

36. Gordobudskaja O. M., Kurzo B. V., Burak J. L. *Analiz regional'nogo nakoplenija mikroehlementov v sapropeljah* [The analysis of the regional accumulation of trace elements in sapropel]. *Prirodopol'zovanie, sbornik nauchnyh trudov = Proc. of the Institute for Nature Management National Academy of Sciences of Belarus «Nature Management»,* Minsk, 1996, vol. 1, pp. 17–24 (in Russian).

37. Rakovskij V. E., Poznjak V. S. *Himicheskoe issledovanie torfov BSSR* [Chemical study of peat in BSSR]. *Himija i genezis torfa i sapropelej: sb. nauch. st. = Chemistry and the genesis of peat and sapropel: coll. of scient. rep.,* Minsk, 1962, pp. 30–43 (in Russian).

38. Petuhova N. N., Kuznecov V. A. *Geohimicheskoe sostojanie pochvennogo pokrova Belarusi* [The geochemical condition of the soil cover of Belarus]. *Prirodnye resursy = Natural resources*, 1999, no. 4, pp. 40–49 (in Russian).

39. Kuharchik T. I. *Verhovye bolota Belarusi: transformacija, problemy ispol'zovanija* [Upper marshes of Belarus: transformation, the problems of use]. Minsk, 1996, 135 p. (in Russian).

Информация об авторах

Курзо Борис Валентинович – д-р техн. наук, доцент, зав. лаб. использования и охраны торфяных и сапропелевых месторождений, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: kurs@ecology.basnet.by

Гайдукевич Олег Михайлович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Сорокин Александр Иванович – канд. техн. наук, зам. директора по общ. вопросам, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Information about the authors

Boris V. Kurzo – D.Sc. (Technical), Associate Professor, Head of Lab. of Peat and Sapropel Deposits Utilization and Protection, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kurs@ecology.basnet.by

Oleg M. Gaidukevich – Ph.D. (Technical), Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Aleksandr I. Sorokin – Ph.D. (Technical), Deputy Director of the Institute, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

ГЕОТЕХНОЛОГИИ. ДОБЫЧА, ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

GEOTECHNOLOGY. EXTRACTION, PROCESSING AND THE USE OF SOLID FUEL MINERALS

УДК 662.613.1

Поступила в редакцию 22.10.2018
Received 22.10.2018

СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФЯНОЙ ЗОЛЫ И ПОДВИЖНОСТЬ В НЕЙ КАТИОНОВ КАЛЬЦИЯ, МАГНИЯ И ЖЕЛЕЗА

И. И. Лиштван, Ю. Г. Янута, А. М. Абрамец, Е. Л. Дудникова, А. Н. Козлова, И. В. Дедюля, Н. С. Першай

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Приведены результаты исследования механических свойств торфяной золы для использования ее в качестве компонента дорожных смесей. Показано, что механические свойства золы зависят как от способа удаления золы (сухой, мокрый), так и от атмосферы, при которой хранится зола. Исследована также подвижность катионов Ca, Mg, Fe в золе. Установлено, что в золе наряду с Fe^{3+} присутствуют также катионы Fe^{2+}.

Ключевые слова: торф; зола сжигания; механическая прочность; подвижность тяжелых металлов; сырье для дорожного строительства.

Для цитирования. Лиштван И. И., Янута Ю. Г., Абрамец А. М., Дудникова Е. Л., Козлова А. Н., Дедюля И. В., Першай Н. С. Структурно-механические свойства торфяной золы и подвижность в ней катионов кальция, магния и железа // Природопользование. – 2018. № 2. – С. 112–118.

STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE PEAT ASH AND THE MOBILITY OF CALCIUM, MAGNESIUM AND IRON CATIONS IN IT

I. I. Lishtvan, Yu. G. Yanuta, A. M. Abramets, E. L. Dudnikova, A. N. Kozlova, I. V. Dedyulya, N. S. Pershay

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The results of the study of the mechanical properties of peat ash for the use as the component of road mixes are presented. It is shown that the mechanical properties of ash depend both on the method of ash removal (dry, wet), and on the atmosphere at which the ash is stored. The mobility of Ca, Mg, Fe cations in ash was also investigated. It was found that there are also cations Fe^{2+} along with Fe^{3+} in the ashes.

Key words: peat; burning ash; mechanical strength; heavy metal mobility; raw materials for road construction.

For citation. Lishtvan I. I., Yanuta Yu. G., Abramets A. M., Dudnikova E. L., Kozlova A. N., Dedyulya I. V., Pershay N. S. Structural and mechanical properties of the peat ash and the mobility of calcium, magnesium and iron cations in it. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 112–118.

Введение. В настоящее время доля местного топлива в структуре энергетического баланса Республики Беларусь растет. Особенностью использования данного класса энергоносителей, в отличие от природного газа, является наличие минеральных компонентов, которые при сжигании образуют золу. Зола от сжигания торфа, согласно работе [1], отнесена к 3-му классу опасности и пока находит лишь ограниченное применение в народном хозяйстве. Наиболее распространенной практикой обращения с такими видами отходов в Республике Беларусь является складирование их в золоотвалах предприятий по месту образования. При таком подходе предприятие несет значительные материальные издержки, обусловленные экологическими платежами. Разработка востребованных материалов с использованием зольных отходов, а также технологии их производства является весьма актуальной в настоящее время задачей.

Цель работы – изучить структурно-механические свойства золы, образующейся при сжигании торфа, и подвижности в водной среде катионов металлов, входящих в ее состав, для обоснования возможности ее применения в качестве материала для отсыпки дорожных полос.

Объекты и методы исследования. Гранулометрический состав золы определяли на анализаторе Вибротехник А 20 (Россия) с набором сит С20/50.

Изучение микроструктуры золы осуществляли на лабораторном универсальном микроскопе NU-2 в проходящем и отраженном свете.

Для изучения механических свойств золы из нее формовали образцы цилиндрической формы. В результате предварительных исследований установлено, что формование образца возможно при достижении влажности золы от 7 до 30 мас.%. В случае превышения содержания влаги наблюдается выделение влаги, а при формовании образца влажностью менее 7 мас.% материал не формуется. В качестве жидкости для увлажнения образцов использовали дистиллированную воду. Предварительное формование и подпрессовывание образца осуществляли ручным способом с последующим уплотнением гидравлическим прессом. Давление на образец составило 20 МПа, диаметр образца – 75 мм, отношение высоты к диаметру – 2 : 1. В работе исследовано изменение механической прочности сформованных образцов золы во времени в атмосфере углекислого газа и воздушной среде. Согласно работе [2], образцы для определения прочности перед исследованиями выдерживали в течение 28 суток. Изучение прочности модельных образцов определяли через 28 и 56 суток с момента формования образца. С целью устранения потери влаги из него, материал изолировали от внешней среды с использованием полимерной пленки. В этом случае кроме устранения испарения влаги из образца в него также не поступал углекислый газ. Изучение влияния состава газовой атмосферы на механические свойства материала осуществляли следующим способом: в изолированный от атмосферного воздуха образец дополнительно закачивали углекислый газ каждые 5 суток.

Испытания образцов проводили на приборе одноосного сжатия НПП «Геотек» в автоматизированном режиме. В процессе испытаний осуществляли автоматическое приложение вертикальной нагрузки с измерением вертикальных и поперечных деформаций. Скорость нагрузки пресса до разрушения составляла 2 мм/с.

Элементный состав золы приведен в табл. 1.

Изучение подвижности катионов Ca, Mg и Fe проводили в статических условиях в водной среде. Определение содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} – титриметрическим методом согласно работе [3]. Концентрацию катионов Fe (общего) определяли по методике [4], а концентрацию Fe^{3+} – согласно работе [5].

Реакцию среды определяли с помощью pH-метра Hi 221 по методу, изложенному в работе [6].

Цветность фильтрата анализировали на фотоэлектроколориметре КФК-2 при длине волны 440 нм и длине оптического хода 10,04.

Результаты и их обсуждение. Состав и свойства зольных отходов, образующихся при сжигании торфа, зависит от ряда факторов, среди которых можно выделить тип и вид исходного сырья, его влажность, способ сжигания и золоудаления и др. На большинстве предприятий зольные отходы представлены двумя типами: золой уноса и подовой золой. Кроме того, в качестве золосодержащего отхода можно рассматривать шлак, образование которого часто связано с низкой температурой плавления золы, а также с несоблюдением температурных режимов сжигания топлива. Массовое соотношение между золой уноса и подовой золой составляет, как правило, 10 : 1. Количество образующегося топочного шлака при нормальном функционировании топочного агрегата составляет не более 0,01 мас.% от образующейся золы уноса, в связи с чем этот тип отхода в данной работе не рассматривали. Характеристики зольных отходов различны. Так, зола уноса содержит меньше органических веществ (недогара), обладает более однородным гранулометрическим составом. Подовая же зола представлена, как правило, укрупненными остеклованными агрегатами с более высоким содержанием недогара. Результаты гранулометрического анализа золы представлены на рис. 1–3.

Как следует из рис. 1, зола уноса в основном представлена частицами с диаметром менее 0,5 мм. На долю таких частиц приходится более 98 % от общего количества золы. Гранулометрический состав подовой золы (рис. 2, 3) более полидисперсен. Он представлен как крупными агрегатами с размером частиц более 7 мм, так и частицами с диаметром менее 0,1 мм. Наличие крупных включений в подовой золе обусловлено как их накоплением вследствие отсутствия их уноса дымовыми газами, так и образованием агломератов путем спекания легкоплавких исходных частиц. На рис. 4 представлены микрофотографии частиц золы трех форм: осколкоподобные, т. е. имеющие неправильную форму – с рваными краями; оплавленные, т. е. имеющие сферическую или близкую к сферической форму; агломераты, представляющие собой пористые формирования, образованные при спекании частиц.

Таблица 1. **Концентрация некоторых элементов в золе**

Table 1. **Concentration of some elements in ash**

Элемент	Концентрация элемента, мг/кг	
	в золе уноса	в подовой золе
Si	242 874	196 843
Ca	79 923	114 860
Fe	48 746	69 803
Al	9730	13 904
Mg	1843	2656
K	5004	6283

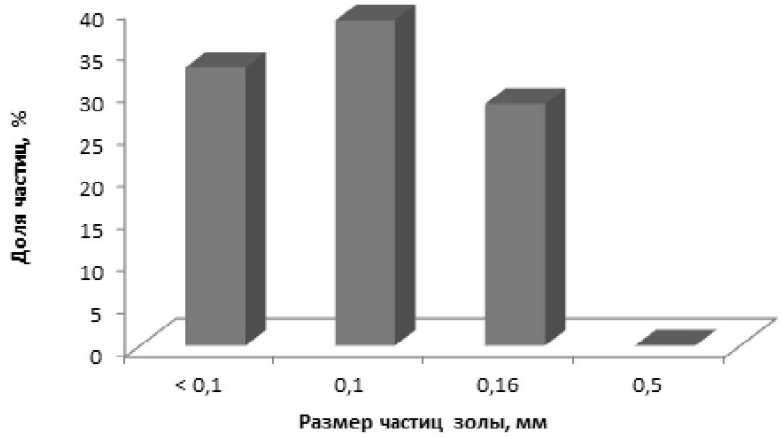


Рис. 1. Гранулометрический состав золы уноса

Fig. 1. Granulometric content of ash distributed

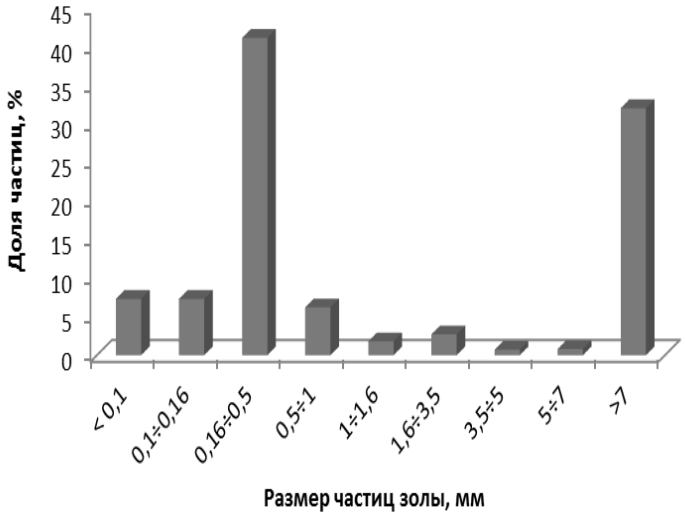


Рис. 2. Гранулометрический состав подовой золы

Fig. 2. Granulometric content of hearth ash

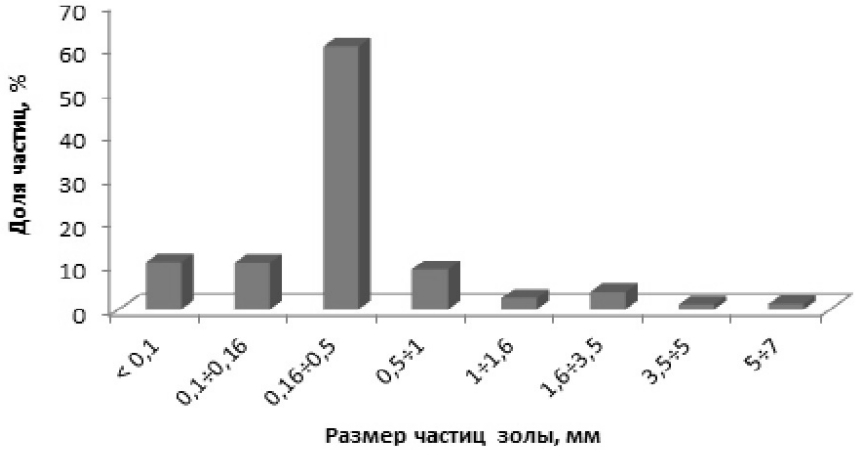
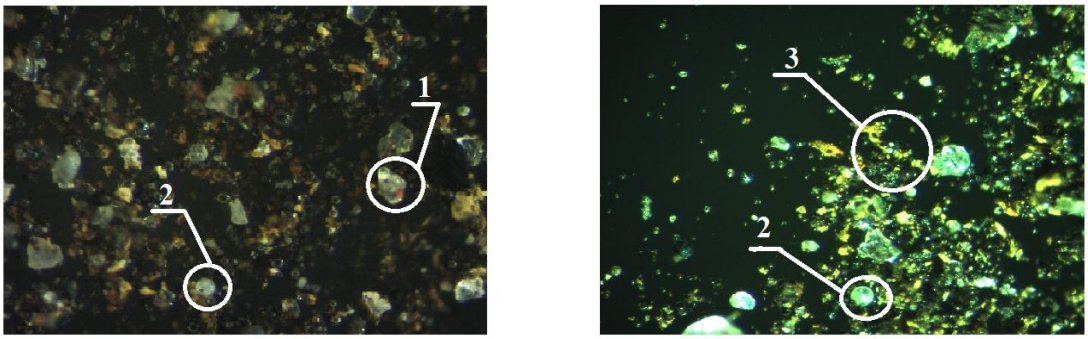


Рис. 3. Гранулометрический состав подовой золы без учета включений размером более 7 мм

Fig. 3. Granulometric content of hearth ash excluding inclusions more than 7 mm



а *б*

Рис. 4. Микрофотографии золы в отраженном свете с (*а*) и (*б*) типами осветителей. Зольные компоненты представлены осколкоподобными (*1*), оплавленными (*2*) частицами и агломератами (*3*)

Fig. 4. Micrographs of ash in reflected light with (*а*) and (*б*) types of illuminators. Ash components represented by shard-like (1), melted (*2*) parts and agglomerates

Одним из основных параметров при использовании материалов для отсыпки полотна дорог является его механическая прочность на сжатие. Высокое содержание Ca^{2+} (см. табл. 1) позволяет прогнозировать рост механической прочности агрегатов при их хранении в присутствии CO_2. Результаты определения механической прочности образцов представлены в табл. 2.

Таблица 2. **Механическая прочность образцов**

Table 2. **Mechanical strength of samples**

Номер образца	Время, сут.	Атмосфера	Максимально приложенное давление до разрушения образца, Н/см
При мокром способе золоудаления			
1	0	Окислительная	343
2	28	Окислительная	304
3	28	CO_2	343
4	56	Окислительная	528
При сухом способе золоудаления			
5	0	Окислительная	594
6	28	Окислительная	938
7	28	CO_2	1010
8	56	Окислительная	792
9	56	CO_2	1915

Динамические кривые вертикальной нагрузки образцов золы представлены на рис. 5.

Как следует из данных табл. 2, способ удаления золы влияет на механическую прочность образующихся структур. Так, при мокром способе удаления золы из топочного агрегата атмосфера, в которой хранилась зола, практически не влияет на механическую прочность образцов. Следовало бы предположить, что присутствие в атмосфере при хранении CO_2 должно было бы увеличить механическую прочность образцов, однако на практике данная закономерность не прослеживается. Можно отметить также, что при хранении сформованных образцов не наблюдается рост их механической прочности, даже при хранении в течение 56 суток (рис. 5, кривая 4), а прочность их сопоставима с контролем. В целом прочность сформованных образцов при мокром способе золоудаления сопоставима с механической прочностью супесей.

При сухом способе удаления золы прочность образцов существенно выше. При этом имеет место четкая корреляция с составом атмосферы, в которой находился образец при хранении. Так, для образцов, находившихся в среде CO_2, механическая прочность выше. Данный факт обусловлен, вероятно, образованием карбонатов кальция.

Данные о количестве вымываемых катионов из золы представлены в табл. 3, из которой видно, что зола обладает достаточно высокой буферностью. Установлено, что обработка кислотой приводит к увеличению подвижности всех исследуемых катионов. При этом для катионов Mg^{2+} наблюдается незначительное влияние концентрации кислоты, для остальных – это влияние существенное. Важен тот факт, что в золе присутствуют катионы как трех-, так и двухвалентного железа. С ростом концентрации кислоты в раствор переходят как Fe^{3+}, так и Fe^{2+}.

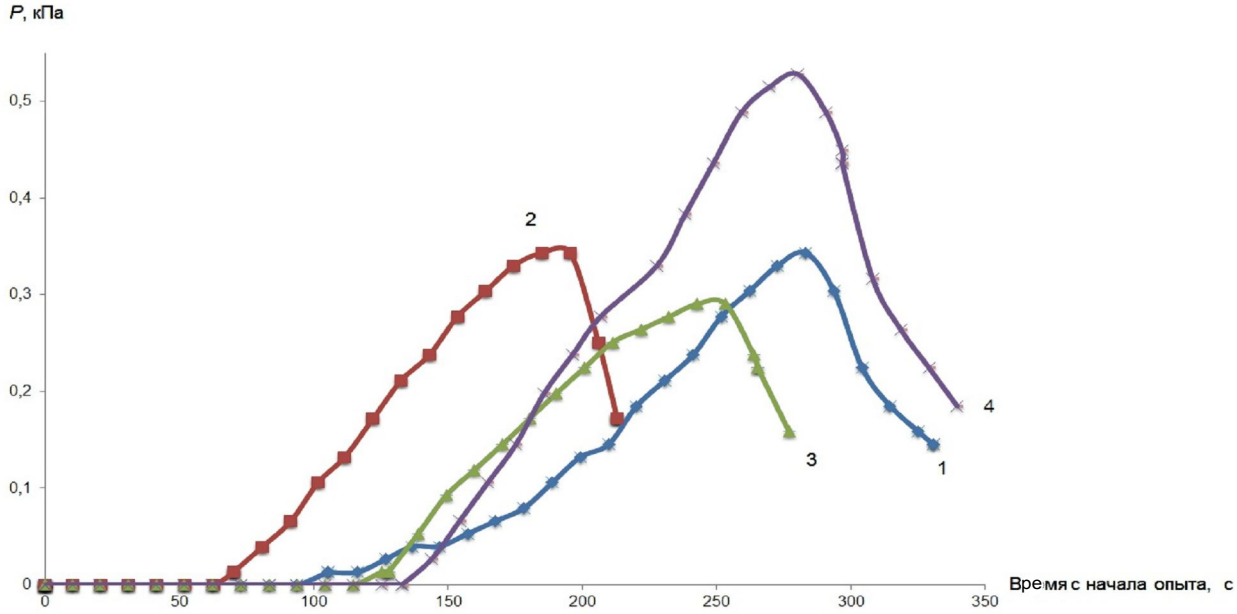


Рис. 5. Кривые вертикальной нагрузки до разрушения образцов золы, удаленной мокрым способом, после их формования: *1* – контрольный образец; *2* – образец, выдержанный в течение 28 суток; *3* – образец, выдержанный в течение 28 суток в атмосфере CO_2; *4* – образец, выдержанный в течение 56 суток

Fig. 5. Vertical load curves to the destruction of ash samples removed by wet mode after their formation: *1* – control sample; *2* – sample aged for 28 days; *3* – sample aged for 28 days in CO_2 atmosphere; *4* – sample aged for 56 days

***Таблица 3.* Вымываемость катионов Ca, Mg и Fe**

***Table 3.* Washability of Ca, Mg and Fe cations**

Образец	C_{HCl}, моль/л	Показатель кислотности		Вымываемость, мг/г			
		взвеси	фильтрата	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Fe_{общ}$	Fe^{3+}
Зола уноса	0,1	10,56	10,24	7,3	1,2	0,016	0,015
Зола подовая		10,76	10,15	9,0	1,6	0,025	0,015
Зола уноса	1,0	4,10	4,06	44,7	1,7	2,45	1,9
Зола подовая		3,89	3,88	44,0	2,4	2,25	1,5

Заключение. Установлено, что минеральные компоненты торфяной золы полидисперсны и представлены в основном тремя видами агрегатов.

Экспериментально показано, что способ удаления золы существенно влияет на механические свойства образцов золы. Механическая прочность сформованных образцов при сухом способе золоудаления выше, чем при мокром. При этом оказывает существенное влияние и газовый состав среды, в которой хранится образец. Так, в атмосфере CO_2 прочность агрегатов (структур) выше, чем в воздушной.

Определено, что катионы Ca, Mg и Fe слабофиксированы в матрице частиц золы. Обработка золы раствором хлористоводородной кислоты приводит к росту подвижности данных катионов. Следует отметить также, что в золе присутствуют как катионы Fe^{3+}, так и Fe^{2+}, несмотря на окислительные процессы, протекающие при сжигании торфа.

Механическая прочность золы создает предпосылки для возможности ее использования в качестве компонентов смесей для дорожного строительства. При этом следует обратить внимание на содержание подвижных форм тяжелых металлов и их склонность к миграционному переносу. Кроме того, некоторые виды торфяной золы проявляют способность к объемному расширению (набуханию) при гидратации, что следует учитывать при ее использовании как вторичного сырья в материалах для дорожного строительства.

На основании проведенных исследований разработаны технология и нормативно-техническая документация использования зольных отходов от сжигания торфа для строительства и ремонта дорог внутрихозяйственного назначения в качестве инертного материала, в частности взамен песчано-гравийной смеси. Однако при использовании данных материалов в каждом конкретном случае необходимо изучение реологии и миграционной подвижности компонентов торфяной золы.

Список использованных источников

1. Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь : постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 08.11.2007 г. № 85.

2. Захарова, А. Ю. Исследование направлений утилизации отходов от сжигания древесины / А. Ю. Захарова // Проблемы геологии и освоения недр : Тр. XVII Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвящ. 150-летию со дня рожд. акад. В. А. Обручева и 130-летию акад. М. А. Усова – основателей Сибирской горно-геологической школы / А. Ю. Захарова. – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2013. – Т. 2. – С. 171–173.

3. СТБ 17.13.05-46-2016. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации кальция, магния титриметрическим методом / Введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 23.05.2016 № 37. – Минск, 2016. – 16 с.

4. СТБ 17.13.05-45-2016. Определение концентрации железа общего фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой / Введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 23.05.2016 № 37. – Минск, 2016. – 16 с.

5. Лихачева, А. В. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А. В. Лихачева, Л. А. Шибека. – Минск : БГТУ, 2011. – 204 с.

6. ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. – Введ. 06.12.1989. – М. : Изд-во стандартов, 1990.

References

1. *Postanovlenie Ministerstva zdravoohranenija Respubliki Belarus ot 08.11.2007 № 85 "Ob utverzhdenii klassifikatora otkhodov. obrazuyushchikhsya v Respublike Belarus* [The decree of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus No. 85 08/11/2007 “On Approval of the Classifier of Wastes Generated in the Republic of Belarus”] (in Russian).

2. Zakharova A. Yu. *Issledovaniye napravleniy utilizatsii otkhodov ot szhiganiya drevesin. Problemy geologii i osvoyeniya nedr:* [Study of directions of waste disposal from wood burning. Problems of geology and exploitation of mineral resources. *Trudy XVII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchenykh. posvyashchennogo 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V. A. Obrucheva i 130-letiyu akademika M. A. Usova, osnovateley Sibirskoy gorno-geologicheskoy shkoly* [Proceedings of the XVII International Symposium named after academician M. A. Usov of students and young scientists dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician V. A. Obruchev and the 130th anniversary of Academician MAAsov, the founders of the Siberian Mining and Geological School]. Vol. 2; Tomsk Polytechnic University. Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2013, 920 p. Art. 171–173 (in Russian).

3. *STB 17.13.05-46-2016 Okhrana okruzhayushchey sredy i prirodopolzovaniye. Analiticheskiy kontrol i monitoring. Kachestvo vody. Opredeleniye kontsentratsii kaltsiya, magniya titrimetricheskim metodom* [Environmental protection

and nature management. Analytical control and monitoring. Water quality Determining the concentration of calcium, magnesium by titrimetric method]. Minsk, 2016, 16 p. (in Russian).

4. STB 17.13.05-45-2016 *Opredeleniye kontsentratsii zheleza obshchego fotometricheskim metodom s sulfosalitsilovoy kislotoy* [Determination of total iron concentration by photometric method with sulfosalicylic acid]. Minsk, 2016, 16 p. (in Russian).

5. Likhacheva A. V., Shibeka L. A. *Khimiya okruzhayushchey sredy*. [Chemistry of the Environment]. Laboratory workshop: textbook.-method. manual for students of specialty 1-57 01 01 "Environmental protection and rational use of natural resources". Minsk, BSTU, 2011, 204 p. (in Russian).

6. GOST 11623-89. *Torf i produkty ego pererabotki dlya selskogo khozyaystva. Metody opredeleniya obmennoy i aktivnoy kislotnosti*. [Peat and its proceeding products for agriculture. Methods for determination of exchange and active acidity]. – Minsk, Standards publishing house, 1990 (in Russian).

Информация об авторах

Лиштван Иван Иванович – академик, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Янута Юрий Григорьевич – канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: yanuta@tut.by

Абрамец Александр Макарович – канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Дудникова Евгения Леонидовна – стажер мл. науч. сотрудника, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: lezl@mail.ru

Козлова Антонина Николаевна – стажер мл. науч. сотрудника, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Дедюля Иван Владимирович – канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dedyulyaivan@yandex.by

Першай Наталия Сергеевна – мл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: tasha_com105@tut.by

Information about the authors

Ivan I. Lishtvan – Academician, D.Cs. (Technical), Professor, Chief researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Yuriy G. Yanuta – Ph.D. (Technical), docent, Leading Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yanuta@tut.by

Alexander M. Abramets – Ph.D. (Technical), docent, Leading Researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Evgeniya L. Dudnikova – Junior Researcher trainee, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lezl@mail.ru

Antonina N. Kozlova – Junior Researcher trainee, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Ivan V. Dedyulya – Ph. D. (Technical), docent, Leading Researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dedyulyaivan@yandex.by

Natalia S. Pershay – Junior Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Scoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasha_com105@tut.by

УДК 624.26:666.97

Поступила в редакцию 12.10.2018
Received 12.10.2018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ТОРФО-ДРЕВЕСНОГО И ТОРФЯНОГО ТОПЛИВА В КАЧЕСТВЕ КОМПОНЕНТА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

Г. Д. Ляхевич[2], И. И. Лиштван[1], А. Г. Ляхевич[2], В. А. Гречухин[2], В. М. Дударчик[1], В. М. Крайко[1]

[1]Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
[2]Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Аннотация. Одним из основных путей улучшения физико-механических свойств цементобетона является введение в бетонную смесь торфяной золы и микрокремнезема. Обязательным условием при изготовлении высокопрочных бетонов является использование пластификаторов в качестве химических добавок.

В представленной работе для изготовления высокопрочных бетонов использована зола, полученная от сжигания торфо-древесных смесей, фрезерного торфа на энергопредприятиях Брестское РУП электроэнергетики «Брестэнерго»; Минское РУП «Минскэнерго», Жодинская ТЭЦ Республики Беларусь, а также микрокремнезем МК-85 и суперпластификатор С-3, которые производятся в промышленных условиях.

Использование исследованной золы совместно с микрокремнеземом МК-85 и суперпластификатором С-3 для производства бетонных и железобетонных конструкций будет способствовать расширению сырьевой базы для изготовления строительных конструкций с одновременным уменьшением расхода дорогостоящего компонента – цемента, а также защите окружающей среды от дисперсной золы, загрязняющей воздушный бассейн, поверхностные и подземные воды, землю.

Ключевые слова: зола; торфо-древесные смеси; цементобетон; физико-механические свойства; бетонные; железобетонные конструкции; эффективность использования.

Для цитирования. Ляхевич Г. Д., Лиштван И. И., Ляхевич А. Г., Гречухин В. А., Дударчик В. М., Крайко В. М. Использование золы от сжигания торфо-древесного и торфяного топлива в качестве компонента высокопрочного бетона // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 119–127.

USE OF ASH FROM BURNING PEAT-WOOD AND PEAT FUEL AS THE COMPONENT OF HIGH-STRENGTH CONCRETE

G. D. Lyakhevich[2], I. I. Lishtvan[1], V. A. Grechukhin[2], A. G. Lyakhevich[2], U. M. Dudarchyk[1], V. M. Kraiko[1]

[1]Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
[2]Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Abstract. One of the main ways to improve the physical and mechanical properties of cement is to introduce peaty ash and microsilica into the concrete mixture. The obligatory condition for the production of high-quality concrete is the use of plasticizers as chemical additives.

In the presented work for the production of high-strength concretes, ashes were used from the combustion of torpho-wood mixtures, milled peat at the energy enterprises Brest RUE electric power industry “Brestenergo"; The Minsk Republican Unitary Enterprise “Minskenergo” Zhodinskaya CHPP of the Republic of Belarus, as well as microsilica MK-85 and the superplasticator S-3, which are manufactured in industrial conditions.

Factors of the positive influence of high-dispersion additives on the structure and physicomechanical characteristics of cementitious compositions, namely: decrease in the total porosity of the cement stone in concrete with increasing volume concentration and the dispersity of the filler, binding of calcium hydroxide Ca $(OH)_2$ amofiizovannym cream of pozzolanovyh fillers. The use of the investigated sols together with microsilica MK-85, superplasticizer S-3 for the production of concrete and reinforced concrete structures will help solve important problems, such as: the extension of the raw material base for the manufacture of building structures with a simultaneous reduction in the consumption of an expensive cement component, as well as a number of advantages associated with high physical and the technical parameters of concretes, which ensure a high durability of structures, long-term operational availability and reliability of their and other; protection of the environment from dispersed ash, polluting the air basin, surface and groundwater, land.

Key words: ash; peat-and-wood mixtures; cement concrete; physical and mechanical properties; concrete; reinforced concrete structures; efficiency of use.

For citation. Lyakhevich G. D., Lishtvan I. I., Grechukhin V. A., Lyakhevich A. G., Dudarchyk U. M., Kraiko V. M. Use of ash from burning peat-wood and peat fuel as the component of high-strength concrete. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 119–127.

Введение. При сжигании твердого топлива ежегодно образуется до ста тысяч тонн золы и шлаков. Эти промышленные твердые материалы практически не используются, а складируются на отведенных территориях. Поэтому существует большая проблема возрастающего загрязнения окружающей среды. Токсико-гигиеническая оценка этих материалов показала опасность негативного воздействия их на окружающую среду и на здоровье человека.

С одной стороны, с учетом состава, физико-химических свойств, токсического и фитотоксического действия золошлаковые отходы, образующиеся при сжигании твердого топлива, отнесены к промышленным отходам 3–4-го класса опасности.

С другой стороны, золы и шлак представляют ценные сырьевые источники для использования в различных строительных отраслях. Основным требованием, обеспечивающим успешное применение, является стабильность их физико-химических показателей. Важной характеристикой гидравлической активности золы и шлаков является наличие минералов, близких по составу к клинкерным минералам портландцемента – CaO, MgO, SiO_2, $Al_2Oз$, $Fe_2Oз$, K_2O, Na_2O. Рассчитанные гидравлические модули активной золы свидетельствуют о сближении их гидравлической активности с глиноземистым цементом.

Одним из основных путей улучшения физико-механических свойств цементобетона является введение в бетонную смесь торфяной золы и микрокремнезема. Обязательным условием при изготовлении высокопрочных бетонов является использование пластификаторов в качестве химических добавок.

В этой связи в настоящей работе решается задача: с использованием золы, образующейся при сжигании торфо-древесного и торфяного топлив на промышленных предприятиях Республики Беларусь, а также микрокремнезема и суперпластификатора получить сверхпрочные бетоны, которые жизненно необходимы для создания, прежде всего, мостовых и тоннельных конструкций.

Теоретические аспекты использования высокодисперсных зольных материалов в бетоне. Введение зольных добавок в бетонные смеси производится двумя принципиально различными способами: добавка вводится взамен части цемента (содержание дисперсных частиц в смеси не меняется) и взамен части мелкого заполнителя – кварцевого песка (вся вводимая добавка идет на увеличение содержания дисперсных частиц в смеси). Имеются также промежуточные варианты, когда добавка частично заменяет цемент, а частично – песок. При этом пуццолановая активность проявляется при любых способах введения добавок, а микронаполняющий эффект – лишь при росте содержания дисперсных частиц в смеси. Однако при высокой степени наполнения после достижения его максимума происходит уменьшение прочности бетонов, несмотря на продолжающееся снижение пористости цементного камня, вследствие ухудшения сцепления наполненного цементного камня с заполнителем. Увеличение количества добавки выше оптимального приводит к разбавлению цементного камня добавками, нарушению непосредственных контактов между гранулами клинкера и уменьшению прочности [1].

При оптимальном количестве высокодисперсной добавки в бетоне структура цементного камня характеризуется оптимальным насыщением цемента добавкой. Достигается максимально плотная упаковка частиц в тесте, если частицы добавки значительно мельче частиц цемента, или достижение максимального насыщения цемента добавкой без образования контактов частиц добавки между собой, если частицы добавки и цемента соизмеримы. В смешанной системе цемента с ультрадисперсной добавкой важно, чтобы частицы ультрадисперсной добавки не обволакивали поверхность новых фаз и не препятствовали образованию контактов срастания между кристаллогидратами [2]. Для инертной микродобавки оптимальной дозировкой может быть объем, сопоставимый с объемом капиллярных пор и необходимый для заполнения соответствующих пустот, а также уплотнения структуры.

Эффект заполнения пустот является физическим фактором и наблюдается независимо от гидравлической активности ультрадисперсной добавки. Однако увеличение дозировки сверх объема указанных пор в зависимости от гидравлической активности может привести к противоположным результатам. При повышенном объемном содержании микродобавки эффект заполнения пустот и уплотнения структуры не может компенсировать негативного воздействия микродобавки на контакты срастания, поэтому прочность снижается [1, 3]. На высокодисперсных субмикроскопических частицах кремнеземистой пыли происходит осаждение продуктов гидратации, причем эти частицы служат центрами нуклеации и кристаллизации.

Через одни сутки гидратационного процесса на поверхности частиц происходит хемосорбция OH^-, Ca^{2+}, K^+, Na^+ из жидкой фазы, что препятствует кристаллизации эттрингита, а через трое суток начинается пуццолановая реакция. Этими же авторами в работах [4, 5] проводились исследования цементного теста с добавлением высокодисперсного песка. Установлено, что при повышении дисперсности песка и росте его содержания в композиции скорость выделения $Ca(OH)_2$

повышается. Это объяснено тем, что частицы песка служат подложкой для кристаллизации $Ca(OH)_2$ из поровой жидкости. При росте водосодержания композиций перемещение ионов Ca^{2+} и OH^- к поверхности частиц песка облегчается, что приводит к интенсификации процесса образования и роста кристаллов $Ca(OH)_2$. Явление повышения прочности вяжущих при введении в их состав микронаполнителей помимо гидравлической активности также может быть объяснено образованием наиболее мелкими зернами микронаполнителя (коллоидных размеров) центров кристаллизации в контактной зоне цемента [6].

В основе «эффекта микронаполнителя» лежат как химические процессы (взаимодействие с продуктами гидратации цемента), так и физико-химические явления (влияние поверхностной энергии частиц добавок и др. [7]. В присутствии тонкодисперсной добавки происходит упрочнение контактной зоны между цементным камнем и заполнителем в бетонах. В обычных портландцементных бетонах зона контакта обычно менее плотная, чем массивное тесто, и включает большое количество пластинчатых кристаллов гидроксида кальция, у которых продольная ось перпендикулярна поверхности заполнителя [3]. Следовательно, она более подвержена образованию микротрещин при растягивающих усилиях, возникающих при изменениях обычных условий температуры и влажности. Таким образом, контактная зона из-за своей структуры является наиболее слабой зоной в бетоне и поэтому оказывает большое влияние на его прочность. Введение пуццолановых наполнителей в значительной степени снижает (но не исключает) капиллярную пористость контактной зоны за счет резкого уменьшения общего содержания $Ca(OH)_2$. В то же время рост содержания CSH в непосредственной близости от поверхности заполнителя положительно сказывается на свойствах контактной зоны.

Зола удельной поверхности 4000–6000 $см^2/г$ обеспечивает разрушение агломератов зольных частиц, обнажает активные поверхности стекловидных глобулитов [8], что способствует повышению активности золы в цементных системах. Введение тонких частиц минеральных добавок, имеющих размеры 1–20 мкм, усиливает влияние портландцементных зерен на снижение пористости в бетонной смеси [9]. При введении в бетон взамен части цемента золы-уноса, состоящей из сферических частиц с гладкой остеклованной фактурой поверхности, подвижность бетонной смеси возрастает благодаря уменьшению внутреннего трения бетонной смеси [10]. Чем дисперснее зола, а следовательно, чем больше в ней остеклованных шарообразных частиц, тем большее пластифицирующее действие оказывает она на бетонную смесь. Частицы коллоидных размеров создают на своей поверхности сольватную оболочку, состоящую из воды, адсорбционно связанной на поверхности твердой фазы, что придает им смазочные функции, облегчая скольжение твердых частиц одна по другой за счет действия отталкивающих сил и образования ориентированными молекулами воды плоскостей скольжения по местам более слабых водородных связей [11]. Однако бетонная смесь содержит частицы различных размеров, и мельчайшие частицы, осаждаясь и прилипая к поверхности более крупных зерен, теряют подвижность, и для ее увеличения необходимо введение дополнительного количества воды, что приводит к увеличению водопотребности. На частицах ультрадисперсных добавок образуется слой адсорбционно связанной воды, по объему сопоставимый с объемом частицы [2].

Таким образом, с одной стороны, количество свободной воды, предопределяющей текучесть, сокращается на величину, сравнимую с объемом ультрадисперсного материала, а вязкость системы, соответственно, повышается по мере увеличения в ней объемной концентрации микронаполнителя. Однако, с другой стороны, адсорбционная пленка уменьшает межмолекулярное взаимодействие твердой фазы и, снижая силу сцепления между частицами на два порядка, ослабляет коагуляционные контакты, придавая им обратимый характер. Поэтому смешанная система с ультрадисперсной добавкой из-за ослабленных коагуляционных контактов при получении вибрационного импульса разжижается. После прекращения вибрационного воздействия коагуляционные контакты восстанавливаются, система может быстро структурироваться и снова становиться вязкой. При дозировке ультрадисперсной добавки в количестве до 5 % массы цемента вязкость системы существенно не увеличивается, поэтому для обеспечения необходимой текучести суспензий не требуется дополнительного количества воды затворения.

При невысоких дозировках добавки создается баланс между факторами, влияющими на текучесть: сокращение объема свободной воды в системе и незначительное увеличение количества коагуляционных контактов компенсируется слабостью этих контактов из-за оболочки адсорбционно связанной воды вокруг частиц. Повышенные дозировки ультрадисперсной добавки уже приводят к увеличению водопотребности, величина которой зависит от удельной поверхности микронаполнителя и его объемного содержания в системе. Гранулы добавки, размещаясь между частицами цемента, существенно корректируют исходную дифференциальную пустотность водовяжущей пасты в сторону меньших по размеру пустот, что обусловливает формирование цементного

камня с меньшими размерами капиллярных пор, диспергированной капиллярной пористостью по сравнению со структурой без наполнителя. В качестве минеральных добавок к бетону применяли микрокремнезем, золу, в которой содержание частиц крупностью менее 7 мкм превышало 90 %. Зола вместе с микрокремнеземом отличалась повышенной активностью.

Введение в бетон добавки – высокодисперсной золы, заметно влияет на его свойства. Рассматриваемая добавка снижает водопотребность бетонных смесей. При осадке конуса бетонных смесей, равной 165–210 мм, добавка высокодисперсной золы снижает расход суперпластификатора на 10 % и расход воды – на 8 % по сравнению с бездобавочными бетонными смесями.

Добавка высокодисперсной золы оказывает также положительное влияние на удобоукладываемость бетонных смесей. При этом с ростом количества золы снижается расход суперпластификатора (в отличие от микрокремнезема, наличие которого в бетонных смесях требует увеличения количества суперпластификатора). Добавка высокодисперсной золы способствует повышению сульфатостойкости бетона (при использовании добавки в сочетании с высокоалюминатным цементом). При содержании в бетоне золы в количестве 8 % от массы цемента он отличается высокой, а при содержании золы 12 и 16 % – очень высокой сульфатостойкостью.

Цели и задачи исследования.

Цель – изучить возможность изготовления высокопрочного бетона с использованием высокодисперсных зольных материалов, микрокремнезема и суперпластификатора С-3.

Задачи: с использованием фундаментальных и специальных методов исследования изучить характеристику исходных, промежуточных и конечных материалов – золы, микрокремнезема, цемента, суперпластификатора, бетонных смесей. Показать возможность использования золы, микрокрмнезема МК-85 и суперпластификатора С-3 для получения бетона с повышенными физико-механическими свойствами.

Материалы и методы исследования.

Материалы:

– зола от сжигания торфо-древесных смесей, фрезерного торфа энергопредприятий (Брестское РУП электроэнергетики «Брестэнерго»; Минское РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ) Республики Беларусь, характеристики которых представлены в табл. 1, 2. Строение и состав золы зависит от целого комплекса одновременно действующих факторов: вида и морфологических особенностей сжигаемого топлива, тонкости помола в процессе его подготовки, зольности топлива, химического состава минеральной части топлива, температуры в зоне горения; времени пребывания частиц в этой зоне и др.;

– портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, ОАО «Кричевцементношифер», с тонкостью помола 95,1 %, истинной плотностью 3,1054 г/см^3, величиной удельной поверхности 3287 см^2/г, активностью 49,8 МПа;

– песок кварцевый для строительных работ, ГОСТ 8736, с модулем крупности Мк, равным 2,08;

– суперпластификатор С-3 с характеристикой: массовая доля сухих веществ – 64,7 %, плотность при 20 ºС – 1,2794 г/см^3, показатель активности водородных ионов – 8,12;

– щебень с максимальной крупностью зерен до 20 мм. Физико-механические свойства гранитного щебня: плотность – 2697 кг/м^3; влажность – 0,23 мас.%; содержание, мас.%: глинистых и пылеватых частиц – 0,19; марка щебня – 1200 (соответствует ГОСТ 8267);

– микрокремнезем марки МК-85 (ТУ5743-048-02495332);

– для затворения бетонных смесей применяется водопроводная вода, которая отвечает требованиям СТБ 1114.

Методы.

Определение оксидов исследуемых образцов золы проводили по ГОСТ 10538-87. Определение плотности, водопоглощения бетона осуществляли по ГОСТ 12730.1, ГОСТ 12730.3; а предела прочности при осевом сжатии, предела прочности при осевом растяжении бетонов, насыпной плотности, удельной поверхности, влажности цемента, зол и других высокодисперсных материалов по методикам, представленным в источнике [12]. Определение водонепроницаемости бетона осуществлялось по ГОСТ 12730.5 ускоренным методом. При определении водонепроницаемости бетона используют устройство типа «Агама-2Р», в котором герметизирующая мастика удовлетворяет ГОСТ 14791.

Промышленные образцы золы, полученной при сжигании торфо-древесных смесей, фрезерного торфа энергопредприятий (Брестское РУП электроэнергетики «Брестэнерго»; Минское РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ) Республики Беларусь, подсушивали при температуре 105 ± 5 ºС, подвергали помолу в шаровой мельнице, а затем испытывали. Результаты испытаний золы представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. **Физические свойства золы**

Table 1. **Physical properties of ash**

№ п/п	Физические свойства	Показатели золы, отобранной на промышленных предприятиях Беларуси	
		Зола получена при сжигании торфо-древесных смесей* на Брестском РУП электро-энергетики «Брестэнерго»	Зола получена при сжигании фрезерного торфа на Минском РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ
1	Средняя плотность, кг/м^3	2203,2	2245,9
2	Насыпная плотность, кг/м^3	736,1	732,6
3	Удельная поверхность, см^2/г	3159,7	3211,5
4	Влажность, мас.%	0,45	0,39

*Смесь, мас.%: щепа топливная – 60; торф – 40.

Таблица 2. **Химический состав золы**

Table 2. **Chemical content of ash**

№ п/п	Оксиды и потери при прокалывании (ППП)	Химический состав золы, мас.%	
		Зола получена при сжигании торфо-древесных смесей на Брестском РУП электроэнергетики «Брестэнерго»	Зола получена при сжигании фрезерного торфа на Минском РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ
1	SiO_2	51,53	45,06
2	Al_2O_3	6,11	6,65
3	Fe_2O_3	11,84	10,97
4	CaO	22,36	27,41
5	MgO	0,48	1,28
6	SO_3	2,85	2,09
7	Na_2O	0,47	0,47
8	P_2O_5	1,34	1,95
9	MnO_2	0,19	0,14
10	TiO_2	0,28	0,42
11	K_2O	1,43	1,53
12	ППП	1,12	2,03

Активность золы, полученной при сжигании торфо-древесных смесей, фрезерного торфа энергопредприятий (Брестское РУП электроэнергетики «Брестэнерго»; Минское РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ) Республики Беларусь.

Основные критерии, определяющие активность золы [1–3]:

– модуль основности (гидросиликатный модуль) Мо, который представляет собой отношение суммы основных оксидов к сумме кислотных оксидов:

$$Мо = (CaO + MgO + K_2O + Na_2O) : (SiO_2 + Al_2O_3); \quad (1)$$

– силикатный (кремнеземистый) модуль Мс, показывающий отношение оксида кремния, вступающего в реакцию с другими оксидами, к суммарному содержанию оксидов алюминия и железа:

$$Мс = SiO_2 : (Al_2O_3 + Fe_2O_3); \quad (2)$$

– коэффициент качества К, показывающий отношение оксидов, повышающих гидравлическую активность к оксидам, снижающим ее:

$$К = (CaO + Al_2O_3 + MgO) : (SiO_2 + TiO_2). \quad (3)$$

На основании исследований топливных отходов электростанций, сжигающих топливо различных месторождений, золошлаковые материалы разделены на группы: активные, скрыто активные и инертные [2] (табл. 3).

Таблица 3. **Активность золошлаковых материалов**

Table 3. **Activity of ash-and-slag materials**

Химические свойства		Золошлаковые материалы		
		активные	скрыто активные	инертные
Показатель качества	Мо	0,5–2,8	0,1–0,5	< 0,1
	Мс	1,5–7,8	1,4–3,6	1,3–3,2
	К	1,0–3,6	0,5–1,3	0,4–0,9
Возможные области использования		Самотвердеющий материал. Местное вяжущее	Требует интенсификации твердения. Дорожное строительство	Сырье для производства зольного гравия и др.

Результаты расчетов модуля основности (гидросиликатный модуль) Мо, силикатного (кремнеземистого) модуля Мс, коэффициента качества К, показали, что зола, полученная при сжигании торфо-древесных смесей на Брестском РУП электроэнергетики «Брестэнерго», относится к скрыто активным золошлаковым материалам и требует интенсификации твердения; а зола, полученная при сжигании фрезерного торфа на Минском РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ, относится к активным золошлаковым материалам и не требует интенсификации твердения.

Технология приготовления бетонных смесей. Золу подвергают помолу в мельнице, затем вводят цемент, микрокремнезем МК-85, суперпластификатор С-3 и смесь подвергают домолу с получением высокодисперсной массы. В мешалку вводят мелкий и крупный заполнители, смесь диспергированных золы, микрокремнезема, суперпластификатора и цемента. Смесь перемешивают в течение 10–15 минут. Добавляют расчетное количество воды и содержимое перемешивают до получения однородной массы. Полученной смесью заполняют формы и после отверждения образцы бетона испытывают.

Составы бетонных смесей и физико-механические показатели бетонов, содержащих золу, предприятий Республики Беларусь приведены в табл. 4, 5.

Таблица 4. **Составы бетонных смесей и физико-механические показатели бетонов, содержащих золу от сжигания торфо-древесных смесей на Брестском РУП электроэнергетики «Брестэнерго»**

Table 4. **Compositions of concrete mixtures and the physical and mechanical markers of concretes, containing ash from peat and wood mixtures burning on Brest RUE of electroenergetics "Brestenergo"**

Наименование	Номер состава					
	1	2	3	4	5	6
Составы бетонных смесей, мас.%						
Щебень	43,2	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3
Песок	20,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
Цемент ЦЕМ I 42,5 Н	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Вода	12,3	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Добавки, % от массы цемента						
Зола	–	4,0	6,0	10,0	12,0	14,0
Микокремнезем МК-85	–	14,0	12,0	8,0	6,0	4,0
Суперпластификатор С-3	–	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Физико-механические показатели образцов бетона						
Плотность, кг/м^3	2256	2327	2324	2319	2313	2304
Предел прочности, МПа: при осевом сжатии	56,0	118,0	104,0	94,0	82,0	73,0
на растяжение при изгибе	4,8	10,4	9,6	8,3	6,9	6,2
Водопоглощение,%	2,6	1,5	1,5	1,9	2,1	2,3
Марка по водонепроницаемости	W6	W20	W16	W12	W12	W10

Таблица 5. **Составы бетонных смесей и физико-механические показатели бетонов, содержащих золу, полученную при сжигании фрезерного торфа на Жодинской ТЭЦ**

Table 5. **Compositions of concrete mixtures and the physical and mechanical markers of concrete, containing ash, obtained from milling peat burning on Minsk RUE "Minskenergo" Zhodino CHPP**

Наименование	Номер состава					
	1	2	3	4	5	6
Составы бетонных смесей, мас.%						
Щебень	43,2	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3
Песок	20,4	15,4	15,4	15,4	15,4	15,4
Цемент ЦЕМ I 42,5 Н	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Вода	12,3	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Добавки, % от массы цемента						
Зола	–	4,0	6,0	10,0	12,0	14,0
Микокремнезем МК-85	–	14,0	12,0	8,0	6,0	4,0
Суперпластификатор С-3	–	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Физико-механические показатели образцов бетона						
Плотность, кг/м^3	2256	2328	2327	2320	2314	2306
Предел прочности, МПа: при осевом сжатии на растяжение при изгибе	 56,0 4,8	 119,0 10,8	 106,0 10,1	 98,0 8,7	 83,0 7,0	 75,0 6,3
Водопоглощение,%	2,6	1,4	1,6	1,9	1,9	2,1
Марка по водонепроницаемости	W6	W20	W18	W14	W14	W10

Анализ данных табл. 4, 5 показывает, что предел прочности бетона при осевом сжатии находится в пределах 73–119 МПа, а для контрольного образца 56 МПа (состав 1), т. е. этот показатель в 1,3–2,1 раза больше, чем для контрольного образца. Водонепроницаемость бетонов, полученных по составам 2–5, лучше, чем у контрольного образца: так, марки по водонепроницаемости заявляемых бетонов были W10–W20 против W6 для контрольного образца, не содержащего добавки. Таким образом, бетонные смеси, содержащие золы, полученные от сжигания торфо-древесных смесей, фрезерного торфа на энергопредприятиях Брестское РУП электроэнергетики «Брестэнерго», Минское РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ Республики Беларусь, а также содержащие микрокремнезем МК-85 и суперпластификатор С-3, имеют существенные преимущества перед известным контрольным составом 1. Разработанные технология и составы высокопрочных бетонов будут востребованы при изготовлении мостовых и тоннельных конструкций.

Выводы.

1. При рассмотрении теоретических аспектов введения высокодисперсных материалов в бетон необходимо отметить:

– факторы положительного влияния высокодисперсных добавок на структуру и физико-механические характеристики цементных композиций, а именно: снижение общей пористости цементного камня в бетоне при увеличении объемной концентрации и дисперсности наполнителя; связывание гидроксида кальция $Ca(OH)_2$ кристаллогидратной связки аморфизированным кремнеземом SiO_2 пуццолановых наполнителей, повышение пуццоланической активности наполнителя при его тонком измельчении; ускорение начальной стадии химического твердения цементных систем с частицами наполнителя, служащими центрами кристаллизации; образование кластеров «вяжущее–наполнитель» за счет высокой поверхностной энергии частиц наполнителя; упрочнение контактной зоны между цементным камнем и заполнителями в бетонах;

– высокодисперсная зола, оказывает положительное влияние на изготовляемые из бетона изделия и конструкции. Она повышает физико-механические свойства бетона (прочность, стойкость к агрессивным воздействиям окружающей среды и др.).

2. В представленной работе для изготовления высокопрочных бетонов использована зола, полученная от сжигания торфо-древесных смесей, фрезерного торфа на энергопредприятиях Брестское РУП электроэнергетики «Брестэнерго»; Минское РУП «Минскэнерго» Жодинская ТЭЦ, а также микрокремнезем МК-85 и суперпластификатор С-3, которые производятся в промышленных условиях. Приобретение их не представляет технической сложности, а, стало быть, и внедрение технологии, и составов бетонных смесей на предприятиях стройиндустрии возможно в ближайшее время.

3. Использование исследованной золы совместно с микрокремнеземом МК-85, суперпластификатором С-3 для производства бетонных и железобетонных конструкций будет способствовать решению важных задач, таких как:

– расширение сырьевой базы для изготовления строительных конструкций, а также целого ряда преимуществ, связанных с высокими физико-техническими параметрами бетонов, обеспечивающих высокую долговечность конструкций, продолжительную эксплуатационную пригодность и надежность их и др.

– защиту окружающей среды от дисперсной золы, загрязняющих воздушный бассейн, поверхностные и подземные воды, землю.

Список использованных источников

1. Власов, В. К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя / В. К. Власов // Бетон и железобетон. – 1988. – № 10.– С. 9–11.

2. Красный, И. М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителей / И. М. Красный // Бетон и железобетон. – 1987. – № 5. – С. 10–11.

3. Malhotra, V. M. Pozzolanic and Cementitious Materials Text / V. M. Malhotra, P. K. Mehta. – Gordon and Breech Publishers, 1996. – 191 p.

4. Matsufuji, Y. The Strength Characteristics of Solutions Containing Ultrafine Particles The Strength Characteristics of Solutions Containing Ultrafine Particles / Y. Matsufuji, H. Kohhata, S. Harada // Semento konkurito ronbunshu = CAJ Proc. Cem. And Concr. – 1991. – № 45. – P. 264–269.

5. Соломатов, В. И. Композиционные строительные материалы и конструкции повышенной материалоемкости / В. И. Соломатов. – Киев : Будивельник, 1991. – 144 с.

6. Волженский, А. В. Минеральные вяжущие вещества / А. В. Волженский, Ю. С. Буров, В. С. Колокольников. – 2-е изд., перераб. — М. : Стройиздат, 1973. – 480 с.

7. Данилович, И. Ю. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов / И. Ю. Данилович, Н. А. Сканави. – М. : Высшая школа, 1988. – 72 с.

8. Высоцкий, С. А. Минеральные добавки для бетонов / С. А. Высоцкий // Бетон и железобетон. – 1994. – № 2. – С. 7–10.

9. Зоткин, А. Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне / А. Г. Зоткин // Бетон и железобетон. – 1994. – № 3. – С. 7–9.

10. Баженов, Ю. М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами / Ю. М. Баженов, Л. А. Алимов, В. В. Воронин // Изв. вузов. Строительство. 1996. – № 7. – С. 55–58.

11. Леонович, И. И. Испытание дорожно-строительных материалов / И. И Леонович, В. А Стрижевский, К. Ф. Шумчик. – Минск : Вышэйшая школа, 1991. – 226 с.

References

1. Vlasov V. K. *Mekhanizm povysheniya prochnosti betona pri vvedenii mikronapolnitelya* [The mechanism of concrete strength increasing with microfiller implementation]. *Beton I zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*, 1988, no. 10, pp. 9–11 (in Russian).

2. Krasnyy I. M. *O mekhanizme povysheniya prochnosti betona pri vvedenii mikronapolniteley* [About the mechanism of concrete strength increasing with microfiller implementation]. *Beton I zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*, 1987, no. 5, pp. 10–11 (in Russian).

3. Malhotra V. M., Malhotra V. M., Mehta P. K. Pozzolanic and cementitious materials text. Gordon and Breech Publ., 1996, 191 p.

4. Matsufuji Y., Kohhata H., Harada S. The Strength characteristics of solutions containing ultrafine particles. Semento konkurito ronbunshu = CAJ Proc. Cem. And Concr., 1991, no. 45, pp. 264–269.

5. Solomatov V. I. *Kompozitsionnyye stroitelnyye materialy I konstruktsii povyshennoy materialoyemkosti* [Composite building materials and the structures of increased material consumption]. Kiyev, 1991, 144 p. (in Russian).

6. Volzhenskiy A. V., Burov Yu. S., Kolokolnikov V. S. *Mineralnyye vyazhushchiye veshchestva* [Mineral and astringents substances]. Moscow, 1973, 480 p. (in Russian).

7. Danilovich Yu. I., Skanavi N. A. *Ispolzovaniye toplivnykh shlakov I zol dlya proizvodstva stroitelnykh materialov* [The use of fuel dross and fuel ashes for building materials production]. Moscow, High School Publ., 1988, 72 p. (in Russian).

8. Vysotskiy S. A. *Mineralnyye dobavki dlya betonov* [Mineral additives for concretes]. *Beton I zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*, 1994, no. 2, pp. 7–10 (in Russian).

9. Zotkin A. G. *Mikronapolnyayushchiy 126ffect mineralnykh dobavok v betone* [Microfilling effect of mineral additives in concrete]. *Beton I zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*, 1994, no. 3, pp. 7–9 (in Russian).

10. Bazhenov Yu. M., Alimov L. A., Voronin V. V. *Razvitiye teorii formirovaniye struktury I svoystv betonov s tekhnogennymi otkhodami* [Various theories of the structure and peculiarities formation of concretes with technogenic wastes]. *Izvestiye vuzov. Stroitelstvo = News of Universities. Building*, 1966, no. 7, pp. 55–58 (in Russian).

11. Leonovich I. I., Strizhevskiy V. A., Shumchik K. F. *Ispytaniye dorozhno-stroitelnykh materialov* [The study of road construction materials]. Minsk, 1991, 226 p. (in Russian).

Информация об авторах

Ляхевич Генрих Деонисьевич – профессор, д-р техн. наук, профессор, Белорусский национальный технический университет (пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ifidi@hotmail.com

Лиштван Иван Иванович – академик, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Ляхевич Александр Генрихович – доцент, канд. эконом. наук, доцент, Белорусский национальный технический университет (пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ifidi@hotmail.com

Гречухин Владимир Александрович – доцент, канд. техн. наук, зав. кафедрой. Белорусский национальный технический университет (пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: mit_ftk@bntu.by

Дударчик Владимир Михайлович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: dudwm@tut.by

Крайко Валентина Михайловна – канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vvkraiko@gmail.com

Information about the authors

Genrich D. Lyakhevich – Professor, D.Cs. (Technical), Professor, Belarusian National Technical University (Nezavisimosti Ave., 65, 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lfidi@hotmail.com

Ivan I. Lishtvan – Academician, D.Cs. (Technical), Professor, Chief researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Aleksandr G. Lyakhevich – Assistant Professor, Ph.D. (Economics), Assistant Professor, Belarusian National Technical University (Nezavisimosti Ave., 65, 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lfidi@hotmail.com

Vladimir A. Grechuhin – Assistant Professor, Ph.D. (Technical), Head Department, Belarusian National Technical University (Nezavisimosti Ave., 65, 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: mit_ftk@bntu.by

Uladimir M. Dudarchyk – Ph.D. (Technical), Senior researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dudwm@tut.by

Valiantsina M. Kraiko – Ph. D. (Technical), Senior researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vvkraiko@gmail.com

УДК 661.183+661.153.3

Поступила в редакцию 16.10.2018
Received 16.10.2018

КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЭНТЕРОСОРБЕНТ НА ОСНОВЕ ТОРФЯНОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

А. Э. Томсон[1], Т. В. Соколова[1], Ю. Ю. Навоша[1], Т. Я. Царюк[1], Н. Е. Сосновская[1], Н. А. Булгакова[1], В. С. Пехтерева[1], И. П. Фалюшина[1], А. А. Царенок[2]

[1]Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь;
[2]Институт радиобиологии НАН Беларуси, Гомель, Беларусь

Аннотация. Разработан углеродный ферроцинсодержащий сорбент на основе торфяного активированного угля и ферроцина. Изучены физико-технические, энтеросорбционные и спектральные свойства материала. Результаты физиологического опыта показали, что добавление 4 г/гол. в сутки модифицированного углеродного сорбента в рацион кормления кроликов снижает накопление ^{137}Cs в мясе в 8 раз по сравнению с контролем.

Ключевые слова: торфяной активированный уголь; ферроцин; ферроцинсодержащий сорбент.

Для цитирования. Томсон А. Э., Соколова Т. В., Навоша Ю. Ю., Царюк Т. Я., Сосновская Н. Е., Булгакова Н. А., Пехтерева В. С., И. П. Фалюшина, Царенок А. А. Композиционный энтеросорбент на основе торфяного активированного угля // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 128–133.

COMPOSITIONAL ENTEROSORBENT ON THE BASE OF PEAT ACTIVATED COAL

A. E. Tomson[1], T. V. Sokolova[1], U. U. Navosha[1], T. Y. Tsariuk[1], N. E. Sosnovskaya[1], N. A. Bulgakova[1], V. S. Pehtereva[1], I. P. Falushina[1], A. A. Tsarenok[2]

[1]Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus;
[2]Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, Belarus

Abstract. The carbon ferrocin-containing sorbent based on activated peat coal and ferrocin was developed. Physicotechnical, enterosorption and spectral properties of the material were studied. The results of the physiological experiment showed that the addition of the modified carbon sorbent to the diet of feeding rabbits in the amount of 4 g/head reduces the accumulation of ^{137}Cs in meat by 8 times compared with the control.

Key words: activated peat carbon; ferrocin; ferrocin-containing sorbent.

For citation. Tomson A. E., Sokolova T. V., Navosha U. U., Tsariuk T. Y., Sosnovskaya N. E., Bulgakova N. A., Pehtereva V. S., Falushina I. P., Tsarenok A. A. Compositional enterosorbent on the base of peat activated coal. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 128–133.

Введение. В результате аварии на Чернобыльской АЭС значительные территории Беларуси оказались зараженными радионуклидами, в том числе долгоживущими изотопами ^{137}Cs и ^{90}Sr, поэтому актуальными стали вопросы получения на этих территориях чистой сельскохозяйственной продукции [1]. С научной точки зрения проблема может быть решена с помощью энтеросорбции – метода, основанного на связывании и выведении из желудочно-кишечного тракта эндогенных и экзогенных веществ, в том числе и радионуклидов [2].

Энтеросорбенты – препараты различной структуры, осуществляющие связывание различных токсикантов в желудочно-кишечном тракте путем адсорбции, ионообмена, комплексообразования.

Энтеросорбенты должны отвечать определенным требованиям, таким как:

нетоксичность – препараты в процессе прохождения по желудочно-кишечному тракту не должны разрушаться до компонентов, которые при всасывании способны оказывать прямое или опосредованное действие на органы и системы;

нетравматичность – должны быть устранены механические, химические и другие виды неблагоприятного взаимодействия со слизистой оболочкой полости рта, пищевода, желудка и кишечника, приводящие к повреждению органов;

хорошая эвакуация из кишечника и отсутствие обратных эффектов – усиление процессов, вызывающих диспепсические нарушения;

высокая сорбционная емкость по отношению к удаляемым компонентам химуса; для неселективных сорбентов должна быть сведена к минимуму возможность потери полезных компонентов;

отсутствие десорбции веществ в процессе эвакуации и изменение pH среды, способной привести к неблагоприятным проявлениям.

В качестве энтеросорбентов, применяемых в ветеринарии в основном используются пористые углеродные адсорбенты, в частности активированные угли различного происхождения и природные глинистые минералы – алюмосиликаты. При значительных плотностях радиоактивного загрязнения территории и кормовой базы продуктивных животных радионуклидами цезия, когда нет возможности обеспечить животных «чистыми» кормами для производства продукции животноводства, отвечающей радиационно-гигиеническим требованиям, применяют селективные сорбенты изотопов цезия.

К числу эффективных контрмер по снижению перехода радионуклидов в продукты животноводства относится применение различного рода препаратов химического и природного происхождения. Для снижения поступления цезия-137 в нашей республике широко используются ферроцинсодержащие препараты. Применение ферроцина в мясном скотоводстве в виде болюсов, солебрикетов или добавок к комбикорму позволяет получать «чистое» мясо практически во всех хозяйствах Беларуси. Указанный препарат используется также для снижения поступления радиоцезия в молоко. Использование ферроцинсодержащих препаратов позволяет при различных уровнях загрязнения продуктов животноводства снизить содержание цезия-137 в мясе и молоке в 4,5–6,6 и 5,0–12,0 раз соответственно [3, 4].

В кристаллической решетке ферроцианидов есть катион аммония (NH_4^+), который вступает в ионно-обменные реакции с ионами щелочных элементов, в результате которых они необменно поглощаются ферроцианидами с образованием комплексных соединений. По прочности связи с ферроцианидами установлен убывающий ряд: цезий > рубидий > калий > натрий. Цезий связывается ферроцианидом в 1000 раз больше, чем калий. Прочность связи определяется ионным радиусом элемента, поэтому введение ферроцидов не уменьшает содержание в организме натрия и калия и не нарушает натриево-калиевый обмен. Ферроцианиды являются самым эффективным сорбентом радиоцезия.

Действие энтеросорбентов основано на избирательной сорбции изотопов цезия из жидкой фазы химуса. При прохождении кормовых масс по желудочно-кишечному тракту сорбенты прочно связывают радиоизотопы цезия и выводятся из организма с фекалиями.

Для получения активного углеродного сорбента, селективно поглощающего радионуклиды и ионы тяжелых металлов, необходимо дополнительное введение ионогенных фосфорнокислых групп, что достигается методом фосфорнокислой активации. Последний представляет собой адсорбент с развитой микропористой структурой, который отличается высокой механической прочностью [5, 6].

Цель работы – получить и исследовать композиционный энтеросорбент, включающий торфяной активированный уголь и гексацианоферрат железа (ферроцин).

Объекты и методы исследования. Объектами исследованиями являлись торфяной активированный уголь и ферроцинсодержащий сорбент на его основе.

Сырьем для производства сорбента явились торфяной активированный уголь, гексацианоферрат (II) калия и хлорное железо.

Получение энтеросорбента заключалось в проведении реакции образования гексацианоферрата железа в присутствии активированного угля. Для этого к навеске активированного угля, предварительно смоченной дистиллированной водой, в определенном соотношении при постоянном перемешивании добавляли растворы гексацианоферрата (II) калия и хлорного железа. В результате взаимодействия компонентов образовывался гексацианоферрат железа (ферроцин) – объемный студенистый осадок по реакции

$$3K_4[Fe(CN)_6] + 4FeCl_3 \cdot 6H_2O = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCl + 24H_2O.$$

Образующийся при реакции осадок адсорбировался на поверхности активированного угля. Полученную углеродсодержащую суспензию центрифугировали, осадок отмывали дистиллированной водой от избытка хлорного железа, ионов хлора, калия, а затем сушили при температуре 110 °С.

Физико-технические характеристики объектов исследования оценивали стандартными методами: влажность определяли по ГОСТ 12597 «Сорбенты. Метод определения массовой доли воды в активных углях и катализаторах на их основе», зольность – по ГОСТ 12596 «Угли активные. Метод определения массовой доли золы», насыпную плотность – по ГОСТ 16190 «Сорбенты. Метод определения насыпной плотности». Сорбционные свойства активированного угля и сорбента на его основе определяли по ГОСТ 4453 «Уголь активный осветляющий» (адсорбционная активность по метиленовому голубому) и ТУ 6-16-2409-80 «Уголь активный УАФ» (адсорбционная активность по йоду).

Регистрация ИК-спектров была выполнена на ИК-спектрофотометре с Фурье-преобразованием IRPrestige-21 (Shimadzu) методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), который позволяет исследовать сильно поглощающие образцы в нативном состоянии без какой-либо пробоподготовки. При исследовании использовали приставку однократного отражения MIRacle с призмой ZnSe.

Физиологический опыт был проведен на экспериментальных животных (кролики, самцы трехмесячного возраста породы белый паннон) на базе вивария Института радиобиологии НАН Беларуси, где были сформированы четыре группы животных (контрольная и три опытные) численностью 3 головы в каждой. Контрольная и опытные группы животных получали основной комплекс факторов кормления, в состав которого входило сено злаково-бобовое (0,06 кг на голову в сутки с удельной активностью по ^{137}Cs 5500–6400 Бк/кг) и комбикорм-концентрат КК-92 для взрослых кроликов (0,15 кг на голову в сутки), а также добавки ферроцина и ферроцинсодержащего сорбента.

На 30-е сутки эксперимента с целью установления перехода ^{137}Cs в мышечную ткань и внутренние органы животные были забиты для проведения радиометрических исследований.

Результаты и их обсуждение. Готовый продукт представляет собой композиционный материал на основе торфяного активированного угля, содержащий 5 % ферроцина. Ферроцин (гексацианоферрат железа) обладает специфической способностью связывать ^{137}Cs, поступающий с кормом в желудочно-кишечный тракт животного, тем самым предотвращая всасывание радиоактивного цезия в кровь, а, следовательно, поступление его в молоко и мясо.

Протекание реакции замещения ионов калия на ионы железа (III) при синтезе ферроцинсодержащего сорбента подтверждается данными ИК-спектроскопии (рис. 1) – на спектре гексацианоферрата железа в области колебаний ν(CN) ферроцианид-иона наблюдается одна полоса поглощения при 2079 см$^{-1}$ вместо серии полос наблюдаемых в спектре гексацианоферрата калия. Наличие серии полос обусловлено более низкой степенью симметрии силового поля в кристалле гексацианоферрата калия.

Некоторые физико-технические и сорбционные свойства исходного активированного угля и синтезированного ферроцинсодержащего сорбента представлены в табл. 1, анализ результатов которой показал, что происходит некоторое снижение сорбционной емкости ферроцинсодержащего углеродного сорбента по метиленовому голубому и йоду по сравнению с исходным активированным углем, которое коррелирует с количеством введенного ферроцина, что свидетельствует о закреплении гексацианоферрата железа в порах носителя в процессе его синтеза из исходных компонентов в присутствии активированного угля.

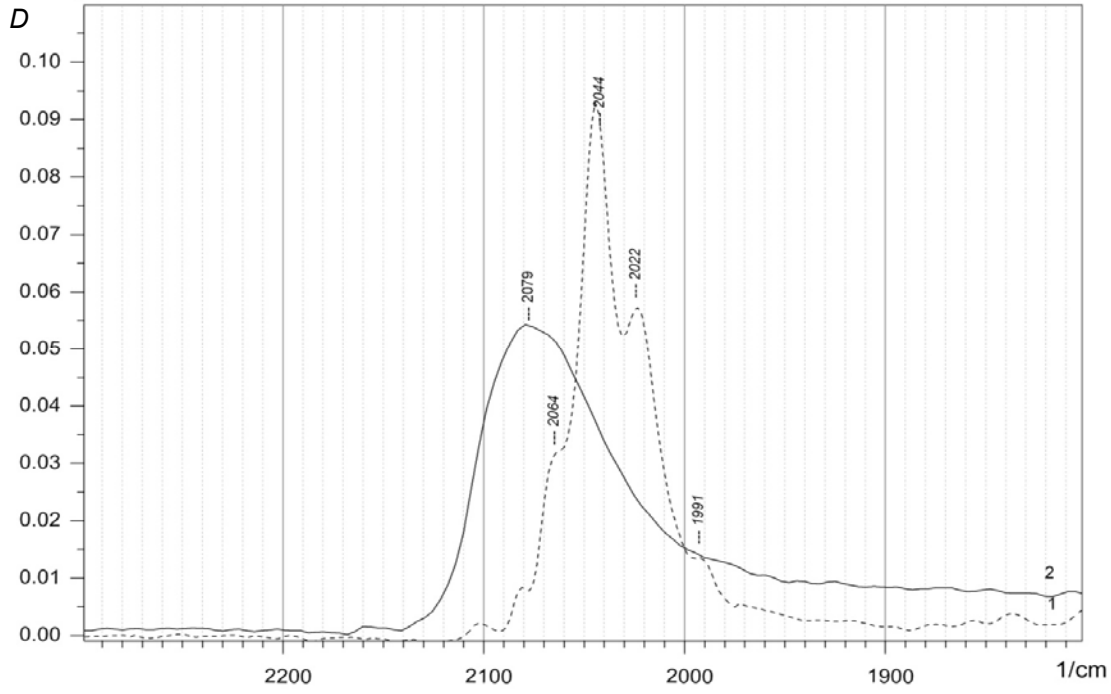


Рис. 1. ИК-спектры: 1 – гексацианоферрат калия, 2 – гексацианоферрат железа

Fig. 1. IR-spectors: 1 – potassium hexacyanoferrate, 2 – ferrum hexacyanoferrate

***Таблица 1*. Физико-технические и сорбционные свойства исходного активированного угля и ферроцинсодержащего сорбента**

***Table 1.* Physical and technical and sorption peculiarities of original activated carbon and ferrocin-containing sorbent**

Материал	Влажность, %	Зольность, %	Насыпная плотность, кг/м^3	Адсорбционная активность, мг/г	
				по метиленовому голубому	по йоду
Исходный активированный уголь	10,8	15,7	304	186,4	558,4
Ферроцинсодержащий сорбент	15,0	16,5	288	172,5	482,2

С целью подтверждения данного вывода было проведено спектрофотометрическое исследование в ИК-диапазоне ферроцина и ферроцинсодержащего углеродного сорбента. На рис. 2 представлены ИК-спектры в диапазоне 2500–1600 см$^{-1}$ (область поглощения *ν*(CN)) исходного ферроцина и ферроцинсодержащего активированного угля.

Как следует из полученных данных, на ИК-спектре ферроцина наблюдается сильная полоса ферроцианид-иона на 2079 см$^{-1}$. Эта полоса присутствует и на спектре активированного угля после внедрения в него сорбента. Ее интенсивность примерно соответствует 5 %-му содержанию ферроцина.

С целью установления энтеросорбционной активности разработанного ферроцинсодержащего сорбента на основе активированного угля РНИУП «Институт радиологии» был проведен физиологический опыт на экспериментальных животных – кроликах, которые наряду с основным комплексом факторов кормления дополнительно получали ферроцин или синтезированный энтеросорбент в различных дозах.

Результаты радиометрических исследований мяса кроликов приведены в табл. 2.

Как следует из анализа результатов радиометрических исследований, применение разработанного композиционного энтеросорбента приводит к снижению содержания ^{137}Cs в мышечной ткани кроликов опытных групп в 3,2–8,2 раза по сравнению с контрольной группой. При этом ферроцинсодержащий сорбент до 2,5 раза эффективнее чистого ферроцина. Применение модифицированного углеродного композиционного энтеросорбента в дозе 4 г на голову в 8 раз снижает содержание ^{137}Cs в мясе кроликов.

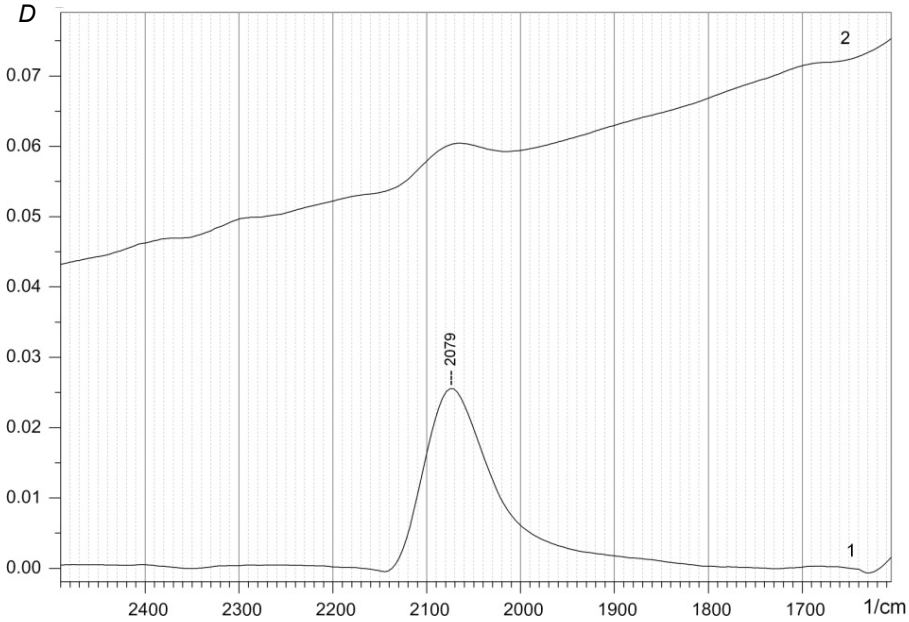


Рис 2. ИК-спектры ферроцина (1) и ферроцинсодержащего сорбента (2)

Fig 2. IR-spectors of ferrocin (1) and ferrocin-containing sorbent (2)

Таблица 2. **Эффективность применения различных доз углеродного ферроцинсодержащего сорбента для снижения перехода ^{137}Cs в мышечную ткань**

Table 2. **The effectiveness of the use of various dozens of carbon ferrocin-containing sorbent for the decrease of ^{137}Cs transition in muscles**

Группа	Доза сорбента, г/гол	Содержание ферроцина в дозе, г	Средняя удельная активность мяса кроликов в группе через 30 суток, Бк/кг	Кратность снижения по сравнению с контрольной группой
Контрольная	0,0	0,0	501,00 ± 226,34	0,0
Опытная № 1. Ферроцин	0,2	0,2	157,33 ± 45,00	3,2
Опытная № 2. Углеродный ферроцин-содержащий сорбент	2,0	0,1	111,47 ± 44,32	4,5
Опытная № 3. Углеродный ферроцин-содержащий сорбент	4,0	0,2	60,87 ± 16,23	8,2

Заключение. Разработан новый углеродный ферроцинсодержащий сорбент на основе торфяного активированного угля и гексацианоферрата железа (ферроцина). Изучены физико-технические, сорбционные (сорбция по метиленовому голубому и йоду) и спектральные свойства материала. Показано, что в процессе синтеза ферроцина из исходных компонентов в присутствии активированного угля происходит закрепление гексацианоферрата железа в порах носителя, на что указывают снижение сорбционной способности ферроцинсодержащего углеродного сорбента по метиленовому голубому и йоду по сравнению с исходным активированным углем и спектрофотометрические исследования в ИК-диапазоне. С целью установления сорбционной активности сорбента, модифицированного ферроцином, был проведен физиологический опыт на экспериментальных животных (кролики, самцы трехмесячного возраста породы белый паннон) на базе вивария РНИУП «Институт радиологии». Радиометрические исследования показали, что кратность снижения ^{137}Cs в мышечной ткани кроликов опытных групп составила 3,2–8,2 раза по отношению к контрольной группе. При этом модифицированный ферроцином (5 %) сорбент до 2,5 раза эффективнее чистого ферроцина. Применение композиционного энтеросорбента в дозе 4 г на голову в 8 раз снижает содержание ^{137}Cs в мясе кроликов.

Список использованных источников

1. Радиоэкологические аспекты животноводства / под ред. Р. Г. Ильязова. – Гомель: Полеспечать. 1996. – 179 с.

2. Рубченков, П. Н. Разработка композиционной кормовой добавки на основе сорбентов и биологически активных веществ для снижения поступления экотоксикантов в организм животных / П. Н. Рубченков, Л. Л. Захарова, Г. А. Жоров // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – № 4 (16). – С. 85–90.

3. Губарева, О. С. Применение новых ферроциансодержащих комплексных кормовых добавок для снижения содержания ^{137}Cs в молоке коров / О. С. Губарева, Н. Н. Исамов, П. Н. Цыгвинцев // Радиация и риск. – 2015. – Т. 24, № 4. – С. 35–40.

4. Оценка радиологической эффективности комплексного применения смеси комбикормов с ферроциансодержащими препаратами в хозяйствах юго-западных районов Брянской области / О. С. Губарева, Н. Н. Исамов, П. Н. Цыгвинцев, Е. И. Рясная, Е. Н. Алешкина // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26, № 1. – С. 89–96.

5. Исследование термической деструкции пушицевого торфа в присутствии ортофосфорной кислоты / Г. П. Макеева, О. И. Мазина, В. К. Жуков, В. Е. Раковский // Химия твердого топлива. – 1979. – № 6. – С. 94–97.

6. Исследование пористой структуры продуктов карбонизации торфа в присутствии ортофосфорной кислоты / О. И. Мазина, Г. П. Макеева, Н. Д. Дрожалина, В. Е. Раковский, Н. А. Булгакова // Химия твердого топлива. – 1980. – № 4. – С. 64–67.

References

1. *Radioekologicheskiye aspekty zhivotnovodstva* [Radioecology Aspects of Stock-Raising]. *Pod red. R. G. Iliazova* [Under ed. of R. G. Ilyazov]. Gomel, 1996. 179 p. (in Russian).

2. Rubchenkov P. N., Zakharova L. L., Zhorov G. A. *Razrabotka kompozitsionnoy kormovoy dobavki na osnove sorbentov i biologicheski aktivnykh veshchestv dlya snizheniya postupleniya ekotoksikantov v organizm zhivotnykh* [Development of composition feed addition on the basis of sorbents and bioactive substances for the decline of receipt of ecotoxicants in the organism of animals]. *Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii* = *Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*. 2015, no. 4, pp. 85–90 (in Russian).

3. Gubareva O. S., Isamov N. N., Tsygvintsev P. N. Primeneniye novykh ferrotsiansoderzhashchikh kompleksnykh kormovykh dobavok dlya snizheniya soderzhaniya ^{137}Cs v moloke korov [Application of new ferrocyan containing of complex forage additions for the decline of maintenance ^{137}Cs in milk of cows]. *Radiatsiya i risk* = *Radiation and Risk*. 2015, vol. 24, no. 4, pp. 35–40 (in Russian).

4. Gubareva O. S., Isamov N. N., Tsygvintsev P. N., Ryasnaya E. I., Aleshkina E. N. Otsenka radiologicheskoy effektivnosti kompleksnogo primeneniya smesi kombikormov s ferrotsiansoderzhashchimi preparatami v khozyaystvakh yugo-zapadnykh rayonov Bryanskoy oblasti [Estimation of the radiological effectiveness of the use of feed mixtures with ferrocin-containing drugs in agricultures of the South-East regions of Briansk region]. *Radiatsiya i risk* = *Radiation and Risk*. 2017, vol. 26, no. 1, pp. 89–96 (in Russian).

5. Makeyeva G. P., Mazina O. I., Zhukov V. K., Rakovskiy V. E. Issledovaniye termicheskoy destruktsii pushitsevogo torfa v prisutstvii ortofosfornoy kisloty [Study of thermal destruction of cotton peat during the presence of orthophore acid]. *Khimiya tverdogo topliva* = *Solid Fuel Chemistry.*1979, no. 6, pp. 94–97 (in Russian).

6. Mazina O. I., Makeyeva G. P., Drozhalina N. D., Rakovskiy V. E., Bulgakova N. A. Issledovaniye poristoy struktury produktov karbonizatsii torfa v prisutstvii ortofosfornoy kisloty dr. [Study of the porous structure of peat carbonization products in the presence of phosphoric acid]. *Khimiya tverdogo topliva* = *Solid Fuel Chemistry.* 1980, no. 4, pp. 64–67 (in Russian).

Информация об авторах

Томсон Алексей Эммануилович – канд. хим. наук, доцент, зам. директора по науч. работе, зав. Центром по торфу и сапропелям, зав. лаб. экотехнологий, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: altom@ecology.basnet.by

Соколова Тамара Владимировна – канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: tomsok49@tut.by

Пехтерева Виктория Станиславовна – науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: pehvik@jandex.ru

Сосновская Наталия Евгеньевна – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: natalisosnov@mail.ru

Навоша Юльян Юльянович – канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: navoscha@tut.by

Царюк Татьяна Яковлевна – канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: tsariuk9@mail.ru

Булгакова Нина Ануфриевна – науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Фалюшина Ирина Петровна – мл. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Царенок Александр Александрович – канд. техн. наук, зав. лабораторией, Институт радиобиологии НАН Беларуси (ул. Федюнинского, 16, 246000, г. Гомель, Республика Беларусь). E-mail: a.tsarenok@tut.by

Information about the authors

Aleksey E. Tomson – Ph.D (Chemistry), Assistant Professor, Deputy Director, Head of the Centre for the Peat and Sapropel, Head of Lab. of Ecotechnology, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: altom@ecology.basnet.by

Tamara V. Sokolova – Ph.D. (Chemistry), Assistant Professor, Senior Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tomsok49@tut.by

Victoriya S. Pehtereva – Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: pehvik@jandex.ru

Nataliya E. Sosnovskaya – Ph.D. (Technical), Senior Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: natalisosnov@mail.ru

Yulian Yu. Navoscha – Ph.D. (Physical and Mathematical), Leading Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: navoscha@tut.by

Tatiana Ya. Tsariuk – Ph.D (Technical), Senior Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tsariuk9@mail.ru

Nina A. Bulgakova – Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Iryna P. Faliushyna – Junior Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nature@ecology.basnet.by

Alexander A. Tsarenok – Ph.D. (Technical), Head of Laboratory, Institute of Radiobiology of National Academy of Sciences of Belarus (16, Fedyuninsky Str., 246000, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: a.tsarenok@tut.by

УДК 661.183:665.7.032.5

Поступила в редакцию 16.10.2018
Received 16.10.2018

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТВОРОВ ТОРФЯНЫХ ГУМАТОВ

С. Б. Селянина [1], И. Н. Зубов [1], А. С. Орлов[1], Т. В. Соколова[2], О. Н. Ярыгина[1], В. Г. Татаринцева[1]

[1]ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика В. П. Лаверова РАН, Архангельск, Россия;
[2]Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. С использованием метода динамического светорассеяния изучено распределение частиц по размерам в водных растворах биополимеров гумусовой природы, экстрагированных из различающегося по степени разложения верхового торфа естественного и осушенного участков болотного массива европейского Севера России. Отмечено, что даже в области высоких разбавлений в растворах торфяных гуматов повсеместно присутствуют как отдельные макромолекулы, так и надмолекулярные образования, которые вносят существенный вклад в светорассеяние. Установлено, что степень биодеградации торфа и, как следствие, степень трансформации гуминовых веществ (изменение их структуры и функциональной природы) в значительной мере определяют дисперсные параметры в растворах. Показано, что гидродинамический размер частиц торфяных гуматов в растворах может быть использован в качестве высокочувствительного показателя для оценки экологического состояния торфяно-болотных экосистем. Выявлено влияние битумной составляющей торфа на гидродинамические характеристики водных растворов торфяных гуматов, обусловленное, межмолекулярными взаимодействиями и образованием мицеллярных агрегатов, что необходимо учитывать при исследовании структуры и физико-химических свойств торфа и торфяных гуматов.

Ключевые слова: торф; экстрактивные вещества; торфяные гуматы; гидродинамический размер частиц; дисперсные параметры; межмолекулярные взаимодействия.

Для цитирования. Селянина С. Б., Зубов И. Н., Орлов А. С., Соколова Т. В., Ярыгина О. Н., Татаринцева В. Г. Гидродинамические характеристики растворов торфяных гуматов. – 2018. – № 2. – С. 134–140.

HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE SOLUTIONS OF PEAT HUMATS

S. B. Selyanina[1], I. N. Zubov[1], A. S. Orlov[1], T. V. Sokolova[2], O. N. Yarygina[1], V. G. Tatarintseva[1]

[1]N. Laverov Federal Centre for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science, Arkhangelsk, Russia;
[2]Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. Using the method of dynamic light scattering the particle size distribution in aqueous solutions of biopolymers of humus nature, extracted from natural and dried parts of the bog massif of the European North of Russia, which differ in the degree of decomposition of high peat was studied. It is noted that even in the region of high dilutions, both individual macromolecules and supramolecular formations that make a significant contribution to light scattering are everywhere present in solutions of peat humates. It was established that the degree of the biodegradation of peat and, as a consequence, the degree of humic substances transformation (changes in their structure and functional nature) largely determine the dispersed parameters in solutions. It is shown that the hydrodynamic particle size of peat humates in solutions can be used as a highly sensitive indicator for assessing the ecological status of peat-bog ecosystems. The influence of the bitumen component of peat on the hydrodynamic characteristics of the aqueous solutions of peat humates due to intermolecular interactions and the formation of micellar aggregates, which must be considered when studying the structure and physico-chemical properties of peat and peat humates.

Key words: peat; extractive substances; peat humates; hydrodynamyc particle size; disperse parameters; intermolecular interactions.

For citation. Selyanina S. B., Zybov I. N., Orlov A. S., Sokolova T. V., Yarygina O. N., Tatarintseva V. G. Hydrodynamic characteristics of the solutions of peat humats. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 134–140.

Введение. Торфяно-болотные экосистемы являются источником огромных запасов органического вещества, местом накопления пресных вод, а также крайне важны для поддержания гомеостаза смежных биогеоценозов. Особое значение регуляторные функции болот приобретают в неустойчивых

экосистемах Севера, которые отличаются слабой способностью к саморегуляции и самовосстановлению. Освоение заболоченных территорий неизбежно связано с их осушением, что может приводить к нарушению регуляторных функций торфяно-болотных экосистем.

Образуясь в результате отмирания и неполного распада болотных растений при повышенной влажности и недостатке кислорода, торф, с одной стороны, наследует компоненты и структурные фрагменты растений-торфообразователей [1], а с другой – в процессе биогеотрансформации происходят минерализация (распад белков, жиров и углеводов растений до устойчивых химических веществ) и гумификация (синтез новых более устойчивых с позиции термодинамики соединений – гумусовых кислот – ГК) [2, 3]. Они относятся к полимолекулярным полидисперсным полифункциональным соединениям. При этом условия гумификации играют определяющую роль в формировании состава, структуры и физико-химических характеристик ГК, в частности их способности к окислительно-восстановительным, ион-ионным, адсорбционным, донорно-акцепторным взаимодействиям и склонности к формированию надмолекулярных образований [4–7].

Специфические процессы, протекающие при торфонакоплении, приводят к образованию сложной полидисперсной, многокомпонентной, капиллярно-пористой структуры, включающей в себя как полифункциональные высокомолекулярные, так и низкомолекулярные соединения, в том числе в коллоидном виде [8, 9]. К первым в полной мере можно отнести гуминовые соединения, а ко вторым – битумы. В подобных системах взаимодействия между высоко- и низкомолекулярными компонентами способны вносить существенный вклад в свойства системы в целом и в поведение в естественных и технологических процессах отдельных ее составляющих в частности.

Как показали немногочисленные исследования последних лет [10, 11], физико-химические свойства торфяных гуматов в значительной мере могут зависеть от присутствия низкомолекулярных минорных примесей, в частности компонентов битумов.

Один из важнейших параметров, который следует учитывать при изучении природных полимерных систем, – гидродинамический размер частиц. По аналогии с другими природными системами, содержащими высокомолекулярные компоненты [12], можно ожидать его чувствительности как к особенностям состава, строения, функциональной природы гумусовых кислот, так и к наличию низкомолекулярных примесей в препаратах. Установление подобных взаимосвязей, в свою очередь, позволит использовать данный показатель для оценки экологического состояния торфяно-болотных экосистем.

Цель работы – исследовать гидродинамические характеристики препаратов гумусовых кислот с различным содержанием битумной части, выделяемых из торфа естественных и осушенных участков болотного массива.

Объекты и методы исследования. В качестве пробных площадей использовали ненарушенный (65°52′8″N, 44°14′44″E) и осушенный (65°53'20"N 44°05'30"E) участки верховых болот, расположенных на территории Мезенского района Архангельской области, залежи которых на всю глубину разреза сложены верховым сфагновым торфом.

Ненарушенный участок расположен в районе нижнего течения ручья Безымянного. Общий рельеф – равнинный (Малоземельская тундра). Микрорельеф – верховое бугристое болото мохового типа. Положение разреза относительно рельефа и экспозиции – в районе обнажения на склоне болота. Растительный покров – брусника, сфагнум, морошка, водяника, голубика, осока, кладония, отдельно стоящие сосны высотой 0,5–4,5 м. Уровень грунтовых вод в период пробоотбора – 30 см. Материнская и подстилающая порода – песок. Мощность торфяной залежи в месте отбора – 150 см.

Осушенный участок расположен в районе п. Каменка. Общий рельеф – равнинный (Малоземельская тундра). Микрорельеф – верховое мелкобугристое грядово-мочажинное болото. Положение разреза относительно рельефа и экспозиции – бугор недалеко от осушительной канавы. Растительный покров представлен преимущественно сфагновыми мхами, осокой, морошкой, клюквой. Встречается багульник, водяника, голубика и редко стоящие деревья – сосны высотой 1,5–3,0 м. Подстилающие породы – супеси и суглинки. Мощность торфяной залежи в месте отбора – 80 см.

Отбор репрезентативных образцов торфа проводили согласно работе [13] с различных глубин залегания для ненарушенного (образцы 1–3) и осушенного (образцы 4 и 5) участков соответственно. Градация по глубине залегания осуществлялась по горизонтам залежи, которые выделялись визуально на почвенном разрезе. Описание образцов приведено в табл. 1.

Влажность торфа определяли методом высушивания, при температуре 105 ± 2 °С, зольность – согласно работе [14]. Групповой химический состав торфа оценивали методом последовательной разборки согласно авторской методике [15]. Абсолютное содержание битумов в торфе определяли исчерпывающей экстракцией воздушно-сухих образцов диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета. Результаты определений представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Характеристика образцов верхового торфа**

Table 1. **Characteristics high moor peat samples**

Маркировка	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Горизонт, см	10–25	25–55	55–150	10–60	60–80
Степень разложения, %	10–15	25–30	35–40	20–25	35–40
Зольность, %	5,43	1,41	27,60*	1,59	5,86
Битуминозность, % от ОВ	3,00 ± 0,05	5,30 ± 0,05	3,80 ± 0,05	2,60 ± 0,05	5,70 ± 0,05
Массовая доля гуминовых веществ, % от ОВ	12,1 ± 0,8	23,8 ± 0,5	69,6 ± 1,2	12,8 ± 0,2	23,0 ± 0,3
Соотношение ГК/ФК	0,24	2,84	1,60	2,56	3,58
Соотношение ЛГВ/ТГВ	3,87	4,73	4,04	8,04	4,13
Массовая доля негидролизуемых соединений (лигнина), % от ОВ	23,2 ± 0,2	24,4 ± 0,1	17,3 ± 0,5	23,7 ± 0,1	24,6 ± 0,1

*В образце присутствуют аллювиальные отложения.

В качестве объектов исследования использовали растворы торфяных гуматов, выделенных 0,1 *н.* NaOH (торф : щелочь = 1 г : 75 мл) из образцов верхового торфа с различной степенью обезбитуминирования. Степень обезбитуминирования варьировали путем дробного извлечения битумов из образцов торфа петролейным эфиром в аппарате Сокслета. Отношение битумной части к гуминовым веществам в полученных препаратах приведено в табл. 2.

Перед измерением исследуемые растворы гумусовых веществ очищали от избытка щелочи диализом на целлофане до pH 7,5–8,0 и доводили до концентрации 100 мг/л путем разбавления дистиллированной водой. Измерение дисперсных параметров в полученных образцах гуматов проводили методом динамического светорассеяния с помощью лазерного анализатора Horiba LB550, который позволяет оценивать как распределение частиц по размерам в интервале величин диаметра D = 1–6000 нм, так и их вклад в светорассеяние. Результаты определений сведены в табл. 2.

Таблица 2. **Влияние битумов на дисперсные параметры торфяных гуматов**

Table 2. **Bitumes influence on the disperse parameters of peat humates**

Образец торфа	Маркировка образца гуминовых веществ	Степень извлечения битумов, %	Бит/ГВ*	Диаметр частиц, нм		Вклад частиц различного диаметра (нм) в светорассеяние, %			
				Интервал значений	Среднее	1–20	20–100	100–1000	1000–6000
1	1А	36,73	0,14	15–100	21,3	–**	70,07	29,93	–**
	1Б	47,53	0,11	445–3409	673,2	–**	–**	21,88	78,12
	1В	70,58	0,06	766–3905	1346	–**	–**	2,73	97,27
2	2А	8,75	0,20	3–15	6,4	41,68	-**	22,36	35,96
	2Б	45,52	0,12	4–10	6,2	30,55	–**	28,27	41,18
	2В	68,51	0,07	5–13	7,2	24,97	–**	14,33	60,70
3	3А	11,47	0,05	2–9	3,9	39,07	10,79	16,79	33,35
	3Б	34,50	0,04	2–13	4,2	79,87	20,13	–**	–**
	3В	51,38	0,03	5–12	6,5	26,13	–**	28,69	45,18
4	4А	36,74	0,13	8–6	11,7	26,15	–**	31,19	42,66
	4Б	47,68	0,11	5–14	7,1	26,00	–**	34,15	39,85
	4В	70,74	0,06	3–10	5,4	31,33	–**	45,20	23,47
5	5А	45,84	0,13	3–14	5,4	38,9	–**	36,82	24,28
	5Б	55,35	0,11	4–12	6,1	27,86	–**	25,89	46,25
	5В	62,24	0,09	5–14	7,1	34,86	–**	22,8	42,34

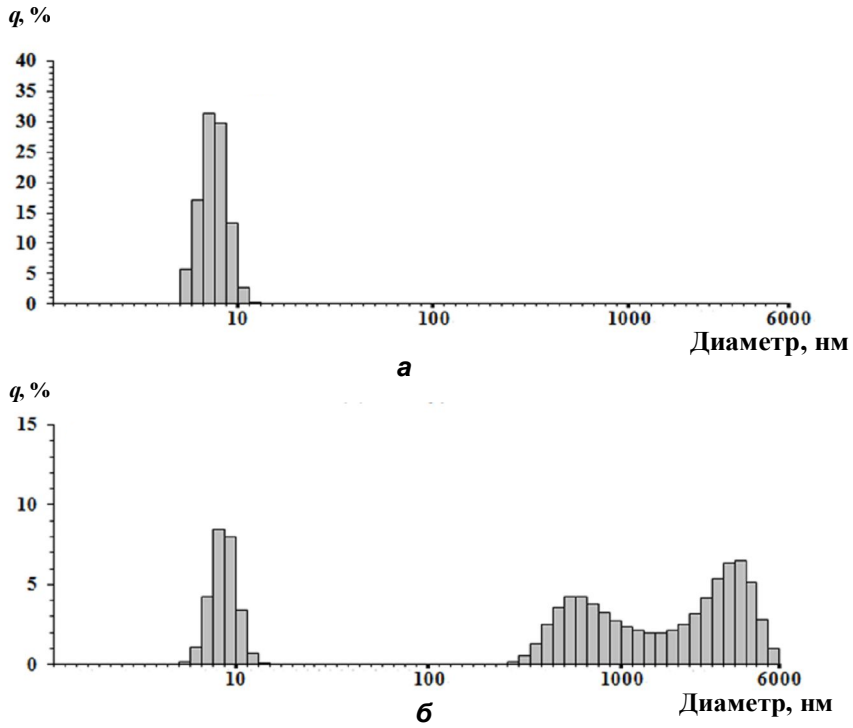
*Соотношение битумов и гуминовых веществ в препарате.
**Значение ниже пределов обнаружения.

Результаты и их обсуждение. Представленные в табл. 1 характеристики образцов торфа, использованных для получения препаратов гуминовых веществ, типичны для верхового торфа Европейского Севера. Им присущи низкая зольность (за исключением образца 3, в котором визуально заметно присутствие аллювиального песка, что проявляется в рыжеватом оттенке и специфической консистенции торфа), относительно невысокая степень разложения, битуминозность в пределах 2,5–6,0 %.

Вполне закономерно мощность верхнего горизонта осушенного участка (образец 4) значительно больше, чем ненарушенного (образец 1), пропорционально уровню грунтовых вод, и отличается повышенной степенью разложения *R*, несмотря на более высокую зольность последнего. Причем процесс биогеотрансформации органического вещества в условиях осушения приводит к увеличению доли легкогидролизуемых соединений, тогда как содержание гуминовых веществ меняется незначительно. Это представляется вполне логичным, ввиду относительно небольшого времени, прошедшего с момента осушения территории. По-видимому, за этот период в результате аэрации более глубоких слоев залежи в первую интенсифицировались процессы гидролитической деструкции органического вещества. В отличие от осушенного участка в естественных условиях биогеотрансформация протекает преимущественно с образованием гуминовых соединений, доля которых постепенно повышается с глубиной залегания, тогда как соотношение легко- и трудногидролизуемой частей изменяется незначительно.

Таким образом, для исследований гидродинамических характеристик были получены препараты гуматов, различающиеся как по содержанию битумов, так и по степени разложения исходного торфа и по гидрологическим условиям. Экспериментальные данные, приведенные в табл. 2, наглядно демонстрируют влияние их на гидродинамические характеристики извлекаемых из торфа гуминовых веществ.

При анализе представленных в табл. 2 данных следует отметить, что молекулярно диспергированные и агрегированные частицы гуматов в растворах находятся в состоянии динамического равновесия, которое описывается, чаще всего, бимодальным и, в некоторых случаях, полимодальным распределением (см. рисунок, *б*). Даже в области высоких разбавлений в них повсеместно фиксируются как отдельные макромолекулы и малые ассоциаты (*D* = 5–40 нм), так и крупные надмолекулярные образования (*D* = 500–6000 нм). При этом вклад групп частиц каждой размерности в динамическое светорассеяние прямо пропорционален, как их численному значению, так и диаметру. Поэтому группа крупных ассоциатов, несмотря на то, что их количество в исследуемых растворах зачастую пренебрежительно мало (см. рисунок, *а*), вносит существенный вклад в динамическое светорассеяние, сопоставимый с вкладом группы отдельных макромолекул и малых ассоциатов (см. рисунок, *б*), количество которых (численный вклад) составляет основную массу (до 99 %) частиц в растворе, что необходимо помнить и учитывать при оценке дисперсных параметров таких систем.



Гидродинамические характеристики торфяного гумата:
***а* – распределение частиц по размерам; *б* – вклад в светорассеяние**

Hydrodynamic characteristic of peat humate:
***a* – particle size distribution; *b* – contribution to light diffusion**

Интересно, что гуматы, выделенные из малоразложившегося торфа с поверхности залежи, отличаются более высокой степенью полидисперсности и даже в области низких концентраций (100 мг/л) склонны к образованию крупных надмолекулярных образований (D = 800–4000 нм). Гуматы из более разложившегося торфа в области исследуемых концентраций представлены преимущественно отдельными макромолекулами с размерами частиц D = 5–20 нм. Следует отметить аналогичность гидродинамических характеристик гуминовых веществ, выделенных из верхнего горизонта осушенного участка, и препаратов, полученных из близкого по степени разложения торфа ненарушенного природного комплекса. Данный факт хорошо согласуется с данными табл. 1, согласно которым этот горизонт отличается фульватным типом гумуса, тогда как для остальных характерен гуматный тип. Это, вероятно, связано со специфичностью их функционального состава и структуры, обусловленной протеканием процессов более глубокой трансформации, в частности гидролиза и ассимиляции микроорганизмами белковых и углеводных остатков, а также реакций конденсации сопровождающихся повышением степени конденсированности макромолекул гуминовых кислот. Вместе с тем на гистограммах вклада частиц в светорассеяние во всех растворах фиксируются ассоциаты непостоянного состава размером вплоть до 2200–6000 нм. Это указывает на склонность к образованию ассоциатов, что представляется вполне логичным, учитывая полифункциональный состав гуминовых соединений.

Из представленных в табл. 2 данных отчетливо видно, что в результате обезбитуминирования торфа изменяются как размеры, так и полидисперсность частиц выделенных гуматов. Тенденция к снижению полидисперсности более ярко проявляется у гуматов из торфа с повышенной степенью разложения, тогда как у гумусовых веществ низкоразложившегося торфа в большей степени преобладают процессы укрупнения размеров частиц. Незначительное уменьшение гидродинамических размеров частиц с ростом доли битумов в образце гуминовых веществ можно объяснить способностью битумов экранировать высокомолекулярные компоненты торфа [10], что затрудняет образование мелких ассоциатов. Кроме того, отдельные компоненты торфяных битумов проявляют поверхностно активные свойства и склонны образовывать мицеллярные агрегаты. Подобный эффект был показан в работе [16] на примере коллоидных систем лигнинных и экстрактивных веществ древесины.

Заключение. Полученные в ходе данного исследования результаты свидетельствуют о чувствительности гидродинамических характеристик к особенностям строения и функциональной природы ГК, определяющихся условиями и глубиной биогеотрансформации, что позволяет использовать гидродинамический размер частиц торфяных гуматов в растворах в качестве показателя для оценки экологического состояния торфяно-болотных экосистем.

Показано, что поведение гуминовых веществ в растворах, наряду с их полимолекулярными свойствами и структурой, определяется присутствием битумов в препаратах, что необходимо учитывать при исследовании структуры и физико-химических свойств торфа и торфяных гуматов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках темы № АААА-А18-118012390224-1 и РФФИ № 17-45-290682 с использованием оборудования ЦКП КТ РФ «Арктика» (ФГБУН ФИЦКИА РАН).

Список использованных источников

1. Раковский, В. Е. Химия и генезис торфа / В. Е. Раковский, Л. В. Пигулевская. – М. : Недра, 1978. – 231 с.

2. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.

3. Козловская, Л. С. Динамика органического вещества в процессе торфообразования / Л. С. Козловская, В. М. Медведева, Н. И. Пьявченко. – Л. : Наука, 1978. – 172 с.

4. Ivanov, A. A. Transformations of humic acids on the mechanical activation of peat under redox conditions / A. A. Ivanov, N. V. Yudina, A. V. Savel'eva // Solid Fuel Chemistry. 2015. – Т. 49, № 2. – С. 123–127.

5. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 325 с.

6. Попов, А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / под ред. Е. И. Ермакова. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербуг. ун-та, 2004. – 248 с.

7. Тейт, Р. Органическое вещество почвы: Биологические и экологические аспекты / пер. с англ. – М. : Мир, 1991. – 400 с.

8. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов. – Минск : Наука и техника, 1984. – 175 с.

9. Куликова, М. П. Исследование химического состава торфа / М. П. Куликова, Л. Л. Куулар // Фундаментальные исследования: серия «Химические науки». – 2013. – № 4. – С. 90–94.

10. Lishtvan, I. I Interaction between the Bituminous and Humic Components of Peat / I. I Lishtvan, A. R. Tsyganov, A. E. Tomson [et al.] // Solid Fuel Chemistry. 2017. – Vol. 51, № 5. – P. 296–300.

11. Trubetskoj, O. Electrophoresis of soil humic acids – what are electrophoretic zones presents itself? / O. Trubetskoj, O. Trubetskaya // Book of abstracts19th International Conference of Humic Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation, 16–21 Sept. 2018, Albena Resort, Bulgaria. – Bulgaria 2018. – P. 156–157.

12. Гидродинамические и поверхностно-активные свойства торфяных гуматов / Л. Н. Парфенова [и др.] // Фундаментальные исследования. 2014. – № 12, ч. 7. – С. 1411–1417.

13. Особенности биотрансформации органических веществ в условиях болотных экосистем севера (на примере Иласского болотного массива) / С. Б. Селянина [и др.]. // Труды Института биологии внутренних вод РАН. 2017. – № 79 (82). – С. 200–206.

14. ГОСТ 11306-2013. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. – Введ. 01.01.2015. – М. : Стандартинформ, 2014. – 8 с.

15. Методика измерений группового химического состава торфа гравиметрическим методом: № 88-16365-009-2017 / С. Б. Селянина, Т. И. Пономарева, А. С. Орлов. – Св-во об аттестации от 06.12.2017.

16. Труфанова, М. В. Влияние лигнина ели на мицеллообразующую способность поверхностно-активных веществ растительного происхождения / М. В. Труфанова, С. Б. Селянина, Н. И. Афанасьев // Химия растительного сырья. – 2007. – № 2. – С. 27–32.

References

1. Rakovskiy V. E., Pigulevskaya L. V. *Khimiya i genezis torfa* [The chemistry and genesis of peat]. Moscow, 1978, 231 p. (in Russian).

2. Orlov D. S. *Gumusovyye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* [The humic acids of soils and the general theory of humification]. Moscow, 1990, 325 p. (in Russian).

3. Kozlovskaya L. S., Medvedeva V. M., Piavchenko N. I. *Dinamika organicheskogo veshchestva v protsesse torfoobrazovaniya* [The dynamics of organic substances during the process of peat creation]. Leningrad, 1978, 172 p. (in Russian).

4. Ivanov A. A., Yudina N. V., Savel'eva A. V. Transformations of humic acids on the mechanical activation of peat under redox conditions. *Solid Fuel Chemistry*, 2015, T. 49, no 2, pp. 123–127.

5. Orlov D. S. *Gumusovyye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii* [The humus acids of soils and the general theory of humification]. Moscow, 1990, 325 p. (in Russian).

6. Popov A. I. *Guminovyye veshchestva: svoystva. stroyeniye. obrazovaniye* [Humic substances: peculiarities. construction. creation. Under red. E. I. Ermakova]. St. Petersburg, 2004, 248 p. (in Russian).

7. Teyt R. *Organicheskoye veshchestvo pochvy: Biologicheskiye i ekologicheskiye aspekty. Per. s angl.* [The organic substance of peat: biological and ecological aspects]. Moscow, 1991, 400 p. (in Russian).

8. Bambalov N. N. *Balans organicheskogo veshchestva torfyanykh pochv i metody ego izucheniya* [The balance of the organic substances of peat soils and the methods of its study]. Minsk, 1984, 175 p. (in Russian).

9. Kulikova M. P., Kuular L. L. *Issledovaniye khimicheskogo sostava torfa* [The research of chemical peat content]. *Fundamentalnyye issledovaniya: seriya "Khimicheskiye nauki" = Basic research: Chemical Sciences series.* 2013, no. 4, pp. 90–94 (in Russian).

10. Lishtvan I. I., Tsyganov A. R., Tomson A.E., Strigutskii V.P., Sokolova T.V., Pekhtereva V. S., Prokhorov S. G., Selyanina S. B., Trufanova M. V. Interaction between the Bituminous and Humic Components of Peat. *Solid Fuel Chemistry*, 2017, vol. 51, no 5, pp. 296–300.

11. Trubetskoj O., Trubetskaya O. Electrophoresis of soil humic acids – what are electrophoretic zones presents itself? Book of abstracts19th International Conference of Humic Substances and their Contribution to the Climate Change Mitigation. 16–21 September 2018 Albena Resort. Bulgaria, 2018, pp. 156–157.

12. Parfenova L. N., Trufanova M. V., Selyanina S. B., Bogolitsyn K. G., Orlov A. S., Strigutskiy V. P. *Gidrodinamicheskiye i poverkhnostno-aktivnyye svoystva torfyanykh gumatov* [hydrodynamic and surfactants peculiarities of peat humates]. *Fundamentalnyye issledovaniya = Basic research,* 2014, no. 12–7, pp. 1411–1417 (in Russian).

13. Selyanina S. B., Trufanova M. V., Yarygina O. N., Orlov A. S., Ponomareva T. I., Titova K. V., Zubov I. N. *Osobennosti biotransformatsii organicheskikh veshchestv v usloviyakh bolotnykh ekosistem severa (na primere Ilasskogo bolotnogo massiva)* [The peculiarities of the biotransformation of organic substances in the conditions of swamps' ecosystems of the north (on the Example of Ilassky Swamp Massive]. *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod RAN* [Proceedings of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences], 2017, no. 79 (82), pp. 200–206 (in Russian).

14. *GOST 11306-2013* [GOST 11306-2013]. *Torf i produkty ego pererabotki. Metody opredeleniya zolnosti.* [Peat and the products of its proceeding. Methods for ash determine]. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 8 p. (in Russian).

15. *Metodika izmereniy gruppovogo khimicheskogo sostava torfa gravimetricheskim metodom: № 88-16365-009-2017* [Methodics for the estimation of the group chemical content of peat by gravimetrical method]. Selyanina S. B., Ponomareva T. I., Orlov A. S. *Svidetelstvo ob attestatsii ot 06.12.2017* [Certificate of Accreditation of 12/06/2017] (in Russian).

16. Trufanova M. V. Selyanina S. B. Afanasyev N. I. *Vliyaniye lignina eli na mitselloobrazuyushchuyu sposobnost poverkhnostno-aktivnykh veshchestv rastitelnogo proiskhozhdeniya* [Spruce lignin influence on mycelle-forming ability of surfactants of plant origin]. *Khimiya rastitelnogo syria = Chemistry of Plant Raw Material*, 2007, no. 2, pp. 27–32 (in Russian).

Информация об авторах

Селянина Светлана Борисовна – канд. техн. наук, доцент, зав. лабораторией экоболотных систем, ст. науч. сотрудник, ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика В. П. Лаверова РАН (Набережная Северной Двины, д. 23, 163000, г. Архангельск, Российская Федерация). E-mail: smssb@yandex.ru

Зубов Иван Николаевич – канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник, ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика В. П. Лаверова РАН (Набережная Северной Двины, д. 23, 163000, г. Архангельск, Российская Федерация). E-mail: zubov.ivan@bk.ru

Орлов Александр Сергеевич – мл. науч. сотрудник, ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика В. П. Лаверова РАН (Набережная Северной Двины, д. 23, 163000, г. Архангельск, Российская Федерация). E-mail: alseror@yandex.ru

Соколова Тамара Владимировна – канд. техн. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Беларусь). E-mail: tomsok49@tut.by

Ярыгина Ольга Николаевна – мл. науч. сотрудник, ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика В. П. Лаверова РАН (Набережная Северной Двины, д. 23, 163000, г. Архангельск, Российская Федерация). E-mail: olga.yarigina@gmail.com

Татаринцева Валерия Геннадьевна – мл. науч. сотрудник, ФБГУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика В. П. Лаверова РАН (Набережная Северной Двины, д. 23, 163000, г. Архангельск, Российская Федерация). E-mail: leratatarintseva@gmail.com

Information about the authors

Svetlana B. Selyanina – Ph.D (Technical), Assistant Professor, Head of Wetland Ecosystems Laboratory, Senior Researcher, N. Laverov Federal Centre for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science (FCI Arctic RAS) (23, Severnoi Dviny Emb., 163000, Arkhangelsk, Russia). E-mail: smssb@yandex.ru

Ivan N. Zubov – Ph.D (Chemistry), Senior Researcher, N. Laverov Federal Centre for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science (FCI Arctic RAS) (23, Severnoi Dviny Emb., 163000, Arkhangelsk, Russia). E-mail: zubov.ivan@bk.ru

Alexander S. Orlov – Junior Researcher, N. Laverov Federal Centre for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science (FCI Arctic RAS) (23, Severnoi Dviny Emb., 163000, Arkhangelsk, Russia). E-mail: aleror@yandex.ru

Tamara V. Sokolova – Ph.D. (Chemistry), Assistant Professor, Senior Researcher, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus(10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tomsok49@tut.by

Olga N. Yarygina – Junior Researcher, N. Laverov Federal Centre for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science (FCI Arctic RAS) (23, Severnoi Dviny Emb., 163000, Arkhangelsk, Russia). E-mail: olga.yarigina@gmail.com

Valeria G. Tatarintseva – Junior Researcher, N. Laverov Federal Centre for Integrated Arctic Research Russian Academy of Science (FCI Arctic RAS) (23, Severnoi Dviny Emb., 163000, Arkhangelsk, Russia). E-mail: leratatarintseva@gmail.com

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
INFORMATION SUPPORT FOR NATURE MANAGEMENT

УДК 502.2:004.65:027.2(476)

Поступила в редакцию 14.06.2018
Received 14.06.2018

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДОВЕДЧЕСКОГО ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ЦЕНТРАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ БИБЛИОТЕКИ НАН БЕЛАРУСИ

И. П. Городко

Государственное учреждение «Центральная научная библиотека имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси», Минск, Беларусь

Аннотация. Представлен информационный и технологический потенциал документографической базы данных собственной генерации Центральной научной библиотеки имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси «Экология и природопользование в Беларуси», сертифицированной Государственным регистром информационных ресурсов Республики Беларусь. Электронный массив, сформированный на основе Интернет-технологий, отражает метаданные и фактографические сведения о документах за 17-летний период (2002–2018 гг.) исследовательской и научно-практической деятельности ученых и специалистов. С целью оптимизации использования проанализированы тематический и видовой состав, форматные, поисковые и сервисные функции актуализируемой базы данных с сетевым режимом удаленного доступа (http://libcat.bas-net.by/ecology/).

Ключевые слова: базы данных; экология; природопользование; охрана природы; информационные технологии; открытый доступ; Центральная научная библиотека имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси.

Для цитирования. Городко И. П. Использование природоведческого информационного ресурса Центральной научной библиотеки НАН Беларуси // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 141–147.

USE OF THE NATURE INFORMATION RESOURCE OF THE CENTRAL SCIENCE LIBRARY OF THE NAS OF BELARUS

I. P. Gorodko

The State Institution Central Science Library named after Yakub Kolas of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The information and technological potential of the documentary own generation database of the Yakub Kolas Central Science Library named after Yakub Kolas of the National Academy of Sciences of Belarus "Ecology and Nature Management in Belarus" certified by the State Register of Information Resources of the Republic of Belarus is presented. The electronic array, formed on the basis of Internet technologies, reflects metadata and factual information about documents for the 17-year period (2002–2018) of research and the scientific activities of scientists and specialists. For the optimization of the use, the thematic and species composition, format, search and service functions of the actualized database with the network mode of remote access (http://libcat.bas-net.by/ecology/) were analyzed.

Keywords: databases; ecology; nature management; nature protection; information technologies; open access; Central Science Library named after Yakub Kolas of the National Academy of Sciences of Belarus.

For citation. Gorodko I. P. Use of the nature information resource of the Central Science Library of the NAS of Belarus. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 141–147.

В приоритетах современного этапа жизнедеятельности на Земле – сохранение и обеспечение стабильности биосферы, ее целостности, оздоровление среды обитания, являющихся неотъемлемыми условиями устойчивого развития и качества жизни людей, и в целом будущего человеческой цивилизации.

К основным мировым экологическим проблемам относятся:

– увеличение численности населения планеты при сокращении территорий, пригодных для проживания людей;

– рост потребления природных ресурсов при уменьшении их запасов;

– деградация основных компонентов биосферы и связанное с этим снижение способности природы к саморегуляции;

– возрастание экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф [1].

Республика Беларусь как географический центр Европы принимает ряд мер к решению экологических проблем в рамках межгосударственной, государственной политики и деятельности различных организаций и учреждений страны. Несомненно, к приоритетным направлениям науки Республики Беларусь на 2016–2020 гг. [2] относится природоведческое. Его развитие определено государственной программой научных исследований под названием «Природопользование и экология», которая утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 10 июня 2015 г. № 483 [3]. Структура этой программы включает проблемно-ориентированные блоки: «Природные ресурсы и экологическая безопасность», «Биоразнообразие, биоресурсы, экология», «Радиация и природные системы», «Структурно-вещественные комплексы Беларуси», которые наряду с разработанными в стратегии «Наука и технологии: 2018–2040» перспективными направлениями в области экологии и рационального природопользования являются составной частью информационно-библиографического отражения в базе данных (БД) «Экология и природопользование в Беларуси», генерируемой сотрудниками Центральной научной библиотеки Национальной академии наук Беларуси (далее – ЦНБ НАН Беларуси).

Среди 17 информационных ресурсов собственной генерации, зарегистрированных Государственным регистром Республики Беларусь, ЦНБ НАН Беларуси – онлайновая документографическая БД «Экология и природопользование в Беларуси» [4], являющаяся продолжением электронного ресурса «Природа Беларуси» (за 1991–2001 гг.), сформированного сотрудниками отдела информационно-аналитического обеспечения наряду с 11 другими БД по различным областям знаний и хронологии охвата материалов. В связи с внедрением в технологический цикл библиотеки новых интернет-технологий было принято решение по объединению природоведческих ресурсов в единый комплекс. Поэтому информационный массив за 2002–2009 гг. трех БД собственной генерации: «Природа Беларуси», «Экология и охрана окружающей среды Беларуси», «Белорусское Полесье» – стал ресурсом-источником новой базы данных в области экологии, охраны окружающей среды и природопользования.

Средствами специального конвертора электронные данные из БД «Природа Беларуси» были перенесены в национальный обменный формат BELMARC, а также были объединены массивы двух проблемно-ориентированных реферативных БД. Формат BELMARC используется в качестве логической структуры библиографических записей со встроенными авторитетными записями необходимых элементов (авторов, организаций/коллективов, тематических терминов и географических объектов) для качественного формирования ресурса и унификации поиска информации в комплексной БД «Экология и природопользование в Беларуси». Наряду с этим каждая библиографическая запись отражает аннотации или рефераты и пакет информационных данных, синтезированных путем классификационного и предметизационного индексирования документов. Кроме того, многие записи включают гиперссылки на полные тексты документов. Постоянное пополнение природоведческого информационного ресурса производится практически одновременно с поступлением в фонд ЦНБ НАН Беларуси опубликованных материалов, а также в результате выявления по ресурсам сети Интернета, источникам вторично-документальной информации (библиографическим указателям, прикнижной и пристатейной библиографии) и другим. В состав анализируемых и библиографируемых документов входят: монографии; авторефераты диссертаций; сборники научных работ и материалы научных мероприятий; препринты; библиографические указатели, справочники; главы книг, имеющие самостоятельное заглавие и авторство; статьи из сборников научных работ и материалов научных мероприятий (в том числе доклады и тезисы докладов); статьи из многотомных и продолжающихся документов; статьи из периодических документов (журналов и газет) и их электронные варианты. Среди представленных видов документов основной массив составляют статьи – 91 % от общего состава информационного ресурса. Объем генерируемой БД «Экология и природопользование в Беларуси» в настоящее время включает около 30 тысяч библиографических записей, отражающих сведения о документах по экологии, эколого-правовым вопросам, природопользованию, охране природы, международному сотрудничеству, геологическому строению, полезным ископаемым, климату, водным ресурсам, почвам, растительному и животному миру, природному ландшафту, антропогенному воздействию на окружающую среду, последствиям аварии на Чернобыльской АЭС и другим чрезвычайным ситуациям техногенного и природного характера, системе мониторинга, экологическому образованию и информированности населения.

Документографический ресурс «Экология и природопользование в Беларуси» располагается на сервере ЦНБ НАН Беларуси. Он функционирует на базе программного обеспечения АБИС «БИТ-2000u» со специально доработанными в рамках проектов Государственной системы научно-технической информации Республики Беларусь программными средствами для его формирования, ведения и использования с сетевым режимом удаленного доступа (http://libcat.bas-net.by/ecology/). Доступ к постоянно актуализируемому ресурсу «Экология и природопользование в Беларуси»

осуществляется по указанию URL-адреса (указателя размещения страницы сайта в интернете) или с помощью гиперссылок со страниц официального сайта ЦНБ НАН Беларуси на БД собственной генерации (http://csl.bas-net.by/Web/Pages/databases.asp). Информацию о характеризуемой БД и доступ к ее проблемно-ориентированной тематике также предоставляют страницы сайта Экологического информационного центра «Эко-Инфо» ЦНБ НАН Беларуси (http://ecoinfo.bas-net.by/books/index.html) – раздел «Электронные ресурсы» и страницы многих выпусков Международного экологического бюллетеня «Зеленая Беларусь» («Green Belarus»). В публикациях этого электронного издания раскрывается потенциал комплексной БД.

Веб-интерфейс информационно-библиографического ресурса ЦНБ НАН Беларуси «Экология и природопользование в Беларуси» позволяет осуществлять базовый, расширенный, булевский поиск с возможностью подключения страниц помощи. Разработаны страницы просмотра и поиска по словарям авторов и тематических рубрик в различных режимах: с начала поля, точное совпадение, фраза, все слова, любое из слов, а также по нормативным/авторитетным записям для просмотра и поиска различных объектов, выбираемых в рамках профессионального поиска по меню предложенных словарей, которые отражает рис. 1.

Существует страница поиска по номерам (стандартным номерам документа – ISBN, служебным номерам – идентификатору записи, инвентарному номеру, дате транзакции, дате создания) и классификационным индексам, среди которых в рамках генерируемой базы применяется индекс УДК и шифр специальности ВАК (рис. 2).

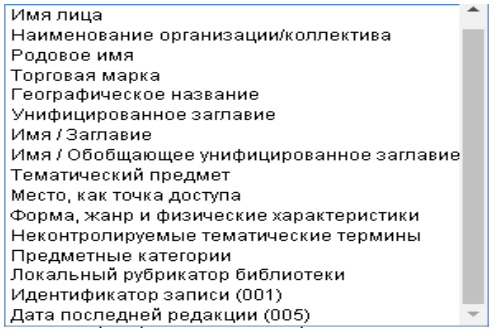


Рис. 1. Меню поиска по словарям

Fig. 1. Search menu by dictionaries

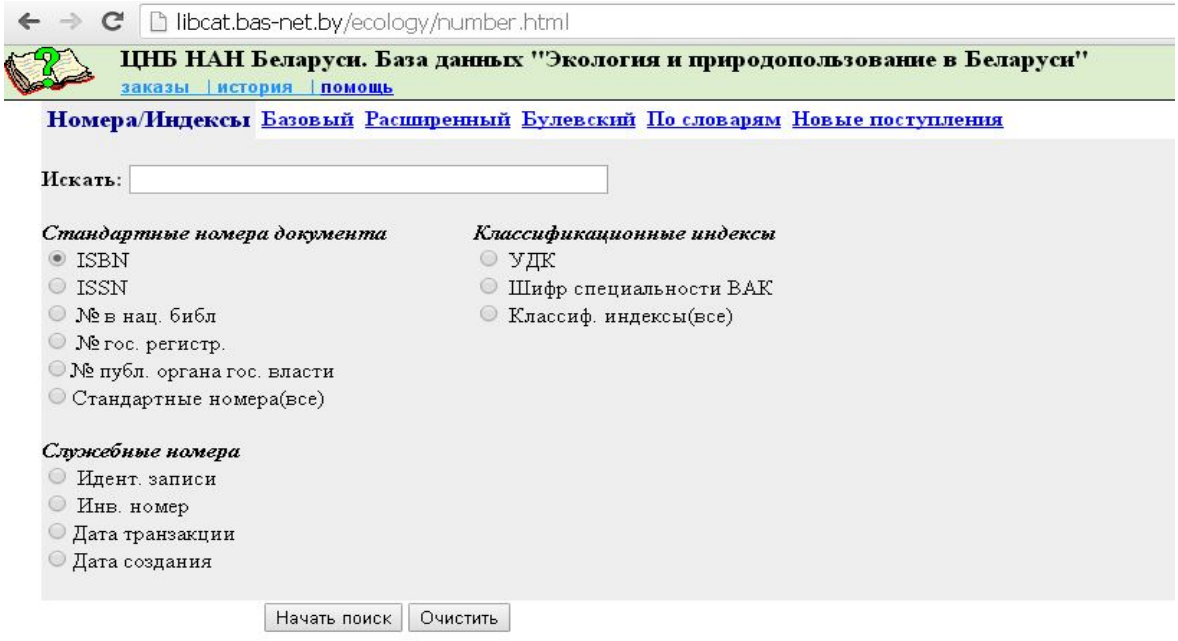


Рис. 2. Поиск по номерам

Fig. 2. Search by numbers

До недавнего времени в рамках навигационного поиска имел функционал индекс локального рубрикатора (в настоящее время закрыт по техническим причинам). Однако технология ввода его данных осталась прежней, где каждому индексу соответствует одно из наименований общего состава 14 основных и 198 соподчиненных русскоязычных рубрик (в одной записи их чаще всего более одной, которым прописываются соответствующие индексы УДК). В настоящее время использование локального рубрикатора имеет частичный характер в режиме поиска по разовым запросам пользователей.

Поисковая система документографической БД «Экология и природопользование в Беларуси» через сервис «Новые поступления» дает возможность пользователям для ознакомления с новыми документами, сведения о которых представлены в течение месяца. В данном массиве можно применять такие критерии отбора, как вид документа, язык документа, а также основные тематические рубрики генерируемого ресурса. Их выбор выполняется из меню, представленного на рис. 3.

Например, тематический поиск по вопросам геоэкологии можно выполнить с помощью специальной рубрики из выпадающего меню, определив прежде количество дней (к примеру 30) по поступлениям в поисковую систему – результат: информация о двух документах (графически представлены на рис. 4), а также с библиографическими, содержательными данными, включая выход к полному тексту через указанный сетевой адрес их нахождения (рис. 5).

Вниманию пользователей БД «Экология и природопользование в Беларуси» предлагается услуга по избирательному распространению информации (ИРИ) в автоматизированном режиме. Для подключения к сервису необходимо быть зарегистрированным абонентом этого сервиса. Регистрация осуществляется администратором ИРИ ЦНБ НАН Беларуси. Зарегистрированному пользователю предлагается выбрать один из вариантов рассылки: 1 раз в две недели, 1 раз в месяц, 1 раз в квартал. Абоненты ИРИ могут формировать тематику запросов к БД, используя ее рубрикатор (в этом случае к его выполнению подключается система поиска как по основным рубрикам, так и по подрубрикам в зависимости от запроса абонента). Сведения о выполненных подсистемой ИРИ запросах автоматически отправляются абонентам по электронной почте и имеют форму, приведенную на рис. 6.

Экранная форма представляет перечень указанных абонентом постоянно действующих запросов ИРИ, дату их регулярного выполнения за выбранный для информирования период с отражением количественного состава документов и их полного библиографического списка в виде записей, сопровождаемых аннотациями или рефератами.

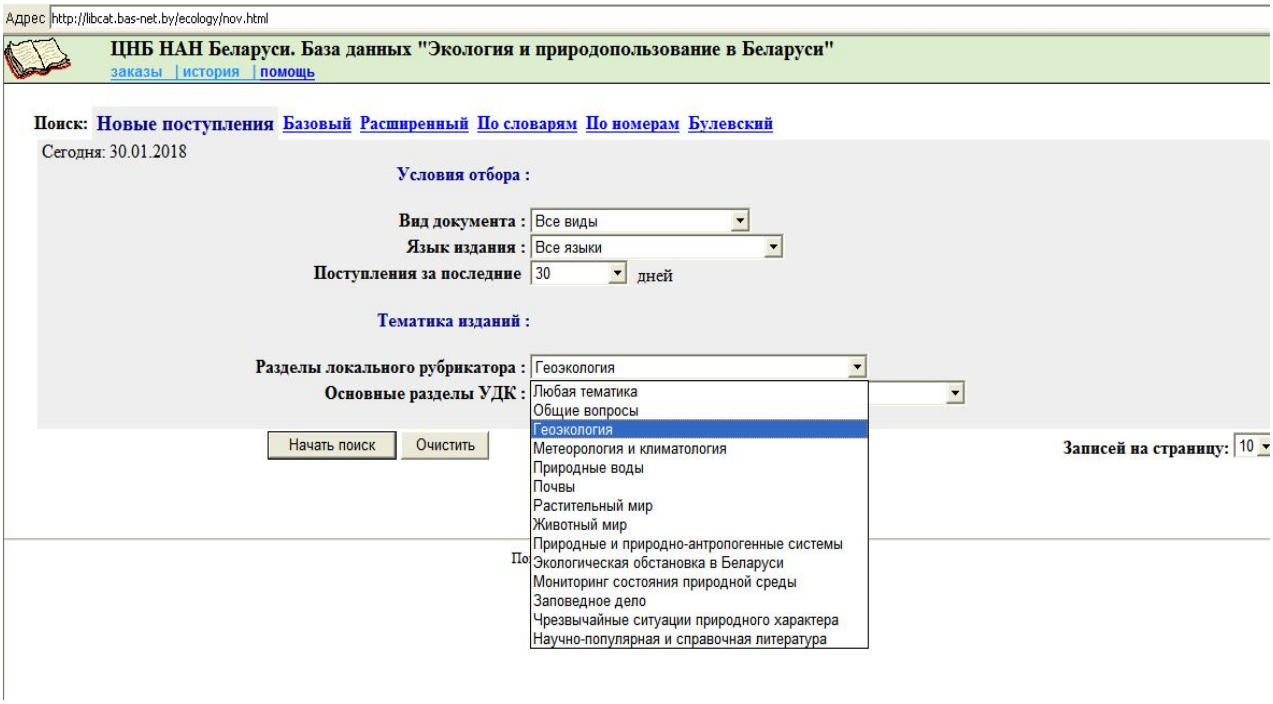


Рис. 3. Поиск информации в режиме новых поступлений

Fig. 3. Information search in the mode of new receipts

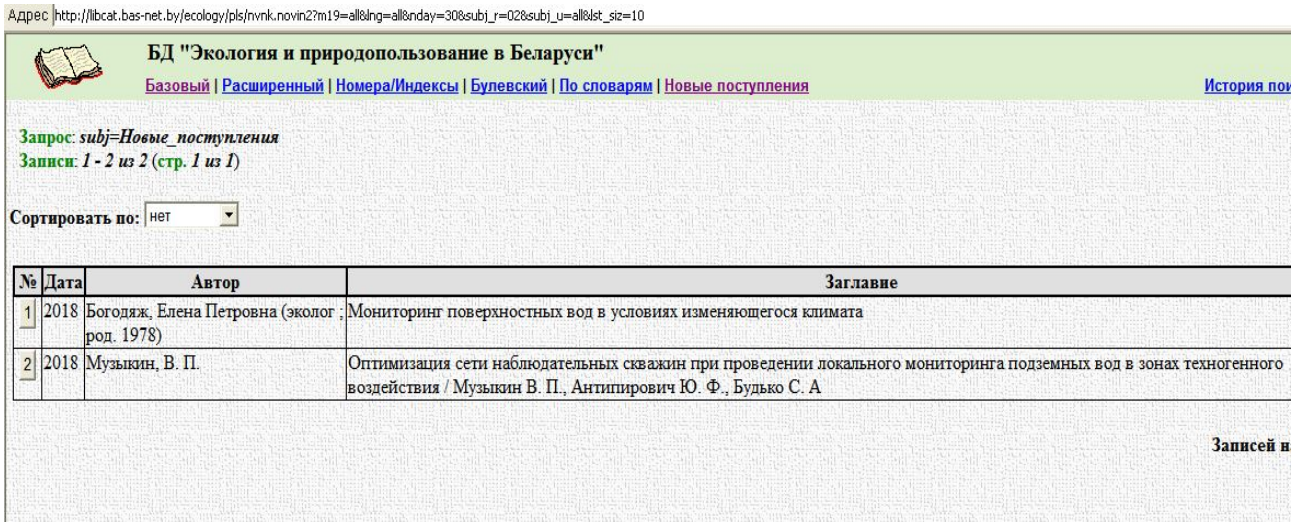


Рис. 4. Экранная форма по результатам тематического поиска в режиме новых поступлений

Fig. 4. Screen form based on the results of the thematic search in the mode of new receipts

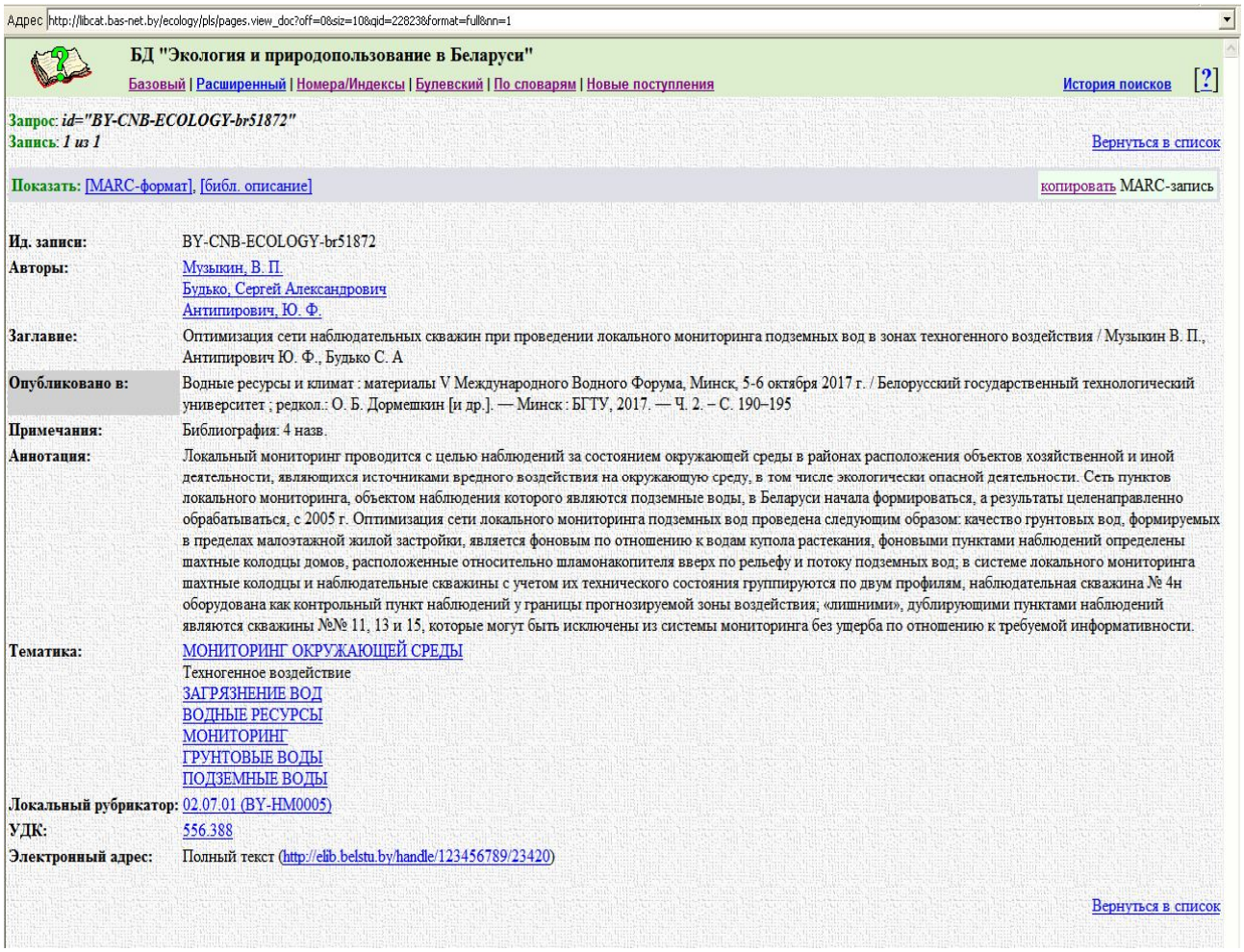


Рис. 5. Экранная форма библиографической записи на статью с полнотекстовым доступом

Fig. 5. Screen form of bibliographic entry for an article with full-text access

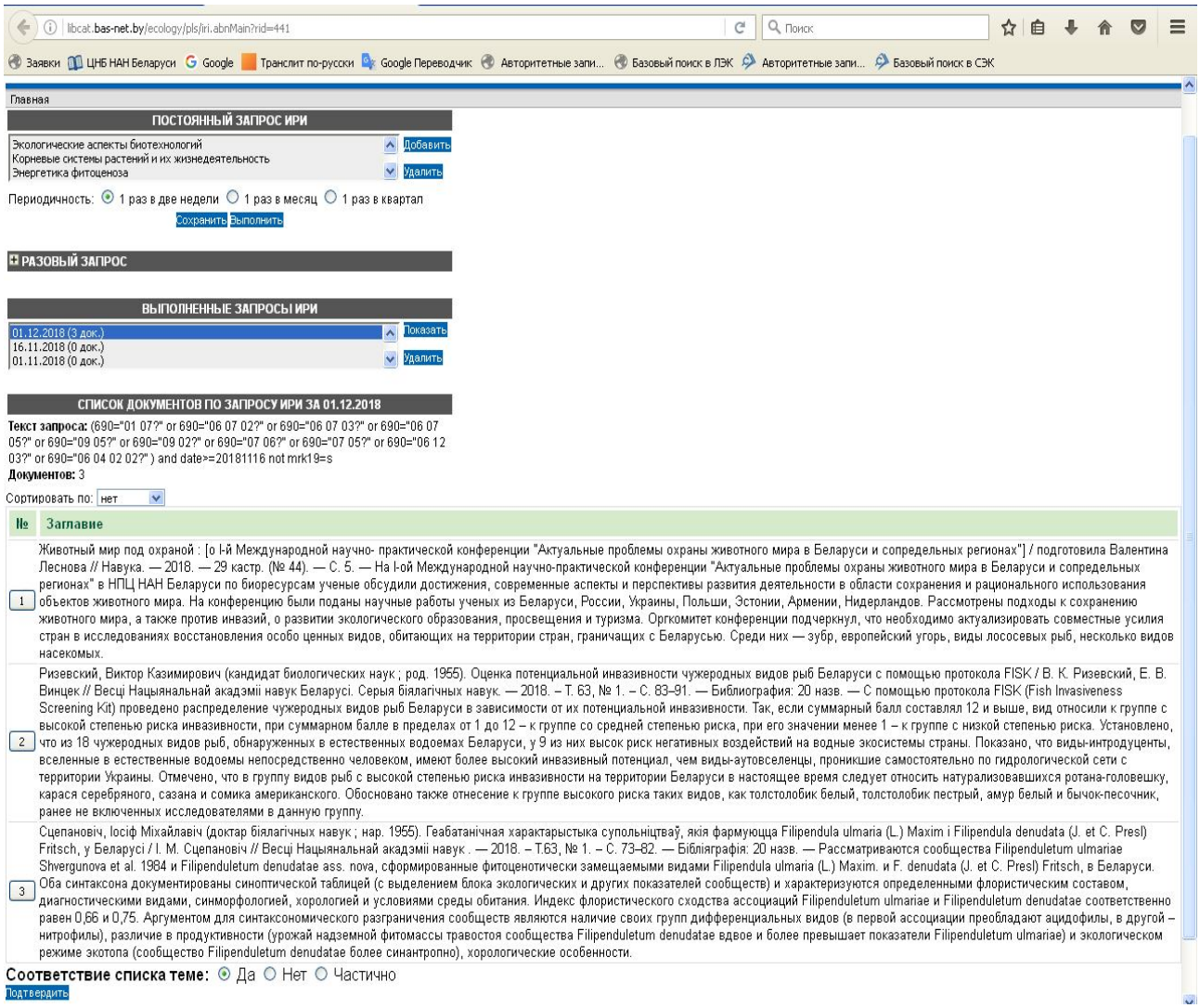


Рис. 6. Экранная форма выполненного под системой ИРИ запроса

Fig. 6. The screen form of the query performed by the subsystem of selective dissemination of information (SDI)

При использовании рассматриваемой БД в режимах поиска по разовым запросам и избирательного распространения информации можно выявить документы, оформить на них заказ и получить необходимую для научной, образовательной и производственной деятельности природоведческую информацию, включая полнотекстовую через гиперссылки генерируемого ресурса или функционирующую в библиотеке электронную доставку документов. В комплекс задач, реализуемых для пользователей научной библиотеки, входят продвижение информации, повышение информированности населения, формирование экологической культуры, влияние на расширение способов и уровень эффективности научно-информационных коммуникаций для национального и международного взаимодействия в решении экологических и природоохранных проблем.

Список использованных источников

1. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс] : проект / Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2017. – Режим доступа : http://nasb.gov.by/congress2/strategy_2018-2040.pdf. – Дата доступа : 12.03.2018.

2. О приоритетных направлениях научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 12 марта 2015 г., № 190 //

Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21500190. – Дата доступа : 15.02.2018.

3. Об утверждении перечня государственных программ научных исследований на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 июня 2015 г., № 483 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21500483&p1=1. – Дата доступа : 27.02.2018.

4. Экология и природопользование в Беларуси [Электронный ресурс] : документогр. база данных с аннотациями, рефератами и гиперссылками на полные тексты документов / Нац. акад. наук Беларуси, Центр. науч. б-ка им. Я. Коласа, Отд. информ.-аналит. обеспечения. – Минск, 2010. – Режим доступа : http://libcat.bas-net.by/ecology/. – Дата доступа : 23.05.2018.

References

1. *Strategiya “Nauka i tekhnologii: 2018–2040”: proekt [Strategy “Science and Technology: 2018–2040”: Project]. Natsional'naya akademiya nauk Belarusi* [The National Academy of Sciences of Belarus]. Minsk, 2017. Available at: http://nasb.gov.by/congress2/strategy_2018-2040.pdf (accessed: 12.03.2018) (in Russian).

2. *O prioritetnykh napravleniyakh nauchnykh issledovanii Respubliki Belarus' na 2016–2020 gody: postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus', 12 marta 2015 g., № 190* [About Priority Directions of Scientific Research in the Republic of Belarus for 2016–2020: Enactment of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, March 12, 2015, No. 190]. *Natsional'nyi pravovoi Internet-portal Respubliki Belarus'* [National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus]. Available at: http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21500190 (accessed: 15.02.2018) (in Russian).

3. *Ob utverzhdenii perechnya gosudarstvennykh programm nauchnykh issledovanii na 2016–2020 gody: postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus', 10 iyunya 2015 g., № 483 [*About *Approval of the List of Public Research Programs for 2016–2020: Enactment of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, June 10, 2015, No. 483]. Natsional'nyi pravovoi Internet-portal Respubliki Belarus'* [National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus]. Available at: http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21500483&p1=1 (accessed: 27.02.2018) (in Russian).

4. *Ekologiya i prirodopol'zovanie v Belarusi: dokumentogr. baza dannykh s annotatsiyami, referatami i giperssylkami na polnye teksty dokumentov* [Ecology and Nature Management in Belarus: documentary database with annotations, abstracts and hyperlinks to the full texts of documents]. *Tsentral'naya nauchnaya biblioteka imeni Yakuba Kolasa Natsional'noi akademii nauk Belarusi, Otdel informatsionno-analiticheskogo obespecheniya* [Central Science Library named after Yakub Kolas of the National Academy of Sciences of Belarus, Department for Information and Analytical Support]. Minsk, 2010. Available at: http://libcat.bas-net.by/ecology/ (accessed: 23.05.2018) (in Russian).

Информация об авторе

Городко Ирина Петровна – зав. отд. информационно-аналитического обеспечения, Центральная научная библиотека НАН Беларуси (ул. Сурганова, 15, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: infano@kolas.basnet.by

Information about the author

Irina P. Gorodko – Head of Dep. Information and Analytical Support, Central Scientific Library of the National Academy of Sciences of Belarus (15, Surhanava Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: infano@kolas.basnet.by

ДИСКУССИИ
DISCUSSIONS

УДК 551.79:504.064(476)

Поступила в редакцию 12.12.2018
Received 12.12.2018

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. Г. Жогло

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. С учетом выявленных закономерностей миграции NaCl в водонасыщенных горных породах зоны активного водообмена бассейна реки Ведрич предложена принципиальная схема хранения отходов калийного производства на поверхности земли в виде технических водоемов большой площади.

Ключевые слова: калийное производство; отходы; хранение; миграция.

Для цитирования. Жогло В. Г. Проблемы утилизации отходов калийного производства в Республике Беларусь // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 148–151.

PROBLEMS OF THE WASTE DISPOSAL OF POTASH PRODUCTION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. G. Zhoglo

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. *The patterns of NaCl migration in water-saturated rocks in the active zone of water exchange at the basin of the river Wedrich are studied. The principal scheme of the waste storage of potash production on the surface of the ground in the form of technical reservoirs of large area is considered.*

Keywords: potash production; waste storage; migration.

For citation. Zhoglo V. G. Problems of the waste disposal of potash production in the Republic of Belarus. *Nature Management*, 2018, no. 2, pp. 148–151.

Особенности захоронения промышленных отходов в Республике Беларусь. Среди промышленных отходов Беларуси более 79 % приходится на глинисто-солевые шламы и галитовые отходы производства калийных удобрений. По масштабам воздействия на природную среду они не имеют себе равных. Проблема отходов РУП «Беларуськалий» не укладывается в обычные рамки и требует специальных решений на государственном уровне [1]. Очевидно, что эти решения могут базироваться лишь на конкретных идеях и проектах.

Практическая деятельность в области эколого-безопасного размещения отходов направлена в Республике Беларусь на строительство полигонов для захоронения твердых нетоксичных промышленных отходов. Размещать такие системы или объекты рекомендуется в районах выхода на поверхность массивов моренных суглинков, слагающих положительные формы рельефа, с низким стоянием уровня грунтовых вод [1, 2]. Такие условия хранения отходов являются оптимальными при надежной изоляции хранилища сверху во избежание выноса из них загрязняющих веществ.

Реальная изоляция хранилищ отходов от внешнего воздействия весьма затруднена, а для полей орошения и фильтрации она в принципе невозможна, поэтому всегда происходит вымывание атмосферными осадками загрязняющих веществ из мест хранения. Если в основании хранилища устраивать водонепроницаемый экран, как это регламентируется нормативными документами, то ситуация будет только усугубляться, поскольку снижается подземная составляющая стока и увеличивается его поверхностная часть [3]. Широко применяемые ныне способы хранения коммунальных и производственных отходов, направленные на защиту водных ресурсов от загрязнения, фактически ничего не защищают. Более того, они способствуют интенсивному выносу загрязняющих веществ в поверхностные водные источники, загрязнению почвенного и растительного покровов.

Закономерности миграции загрязняющих веществ в водонасыщенных горных породах зоны активного водообмена. С целью минимизации воздействия хранилищ отходов на геологическую среду при выборе площадки для утилизации отходов в обязательном порядке должны учитываться закономерности движения подземных вод. Как известно [4, 5], при поступлении загрязняющих веществ (контаминантов) в поток грунтовых вод их перенос осуществляется, главным образом, движущимся потоком, поэтому основу для изучения переноса контаминантов составляет установление направлений и величин скоростей потока.

По результатам численного моделирования геофильтрационных и геомиграционных процессов в зоне активного водообмена Гомельской области установлено [4], что питание пресных подземных вод осуществляется главным образом путем инфильтрации атмосферных осадков, а разгрузка происходит в речных долинах, т. е. подтверждаются классические представления о междуречных потоках, характерных для артезианских бассейнов слабодренированных областей [6]. На латеральную фильтрацию по водоносным горизонтам от центральных частей междуречных пространств к дренирующим понижениям накладывается нисходящая фильтрация на водоразделах и восходящая – в речных долинах и эрозионных врезах. В центральных частях водораздельных потоков имеет место падение напоров сверху вниз в пределах каждого водоносного пласта, а в зонах эрозионных врезов происходит «инверсия» изменения напоров с возрастанием их по глубине [4, 6].

Закономерности миграции консервативных химических веществ в водонасыщенных горных породах зоны активного водообмена изучены нами на примере бассейна реки Ведрич, в пределах которого РУП «ПО «Белоруснефть» эксплуатируется 14 нефтяных месторождений [4]. Здесь пробурено более 600 глубоких скважин, проложены сотни километров трубопроводов, построены десятки газозамерных и нефтеперекачивающих установок и других сооружений. Основным источником загрязнения окружающей среды при строительстве скважин является шламовый амбар (ША) с содержащимися в нем отходами бурения. Оценка количества буровых отходов, в том числе каменной соли (NaCl), захороненной в ША на территории водосбора р. Ведрич, выполнена Г.В. Заборовской [4]. При расчетах учтены ША, построенные в период с 1964 по 2000 год.

Для решения прогнозных геомиграционных задач нами использованы численные геофильтрационная и геомиграционная модели подземных вод бассейна реки Ведрич, созданные на основе лицензионных вычислительных программ GWFS и MTS (разработчик - ЗАО «Геолинк», Москва). Прогнозные значения концентрации NaCl (или хлор-иона) в грунтовом (ГВГ), среднеплейстоценовом СПВГ, палеогеновом (ПВГ), среднесеноманском-маастрихтском (ССМВГ) и альбском-нижнесеноманском (АНСВГ) водоносных горизонтах по всем расчетных блокам модели вычислены с шагом 5 лет с 2005 по 2050 год. По результатам расчетов составлены карты загрязнения грунтовых и межпластовых вод на различные моменты времени. Анализ этих карт показывает, что за расчетный период времени (с 1964 по 2050 год) загрязнению подверглись ГВГ, СПВГ и ПВГ. В ССМВГ отмечены лишь признаки загрязнения. АНСВГ не загрязняется вообще. Миграция загрязнений во времени идет крайне медленно, а рассеивание мигранта по площади ГВГ практически не происходит [4].

Применительно к проблеме утилизации многотоннажных высокорастворимых отходов калийного производства, объем которых на поверхности земли при расчетах можно считать неограниченным, важно получить прогнозные оценки на более длительный срок – до 200–300 лет и более. Это имеет значение для решения проблемы сохранения пресных подземных вод как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения на неограниченный период времени.

В качестве примера рассмотрим особенности пространственно-временного развития ореолов загрязнения от локальных источников, расположенных на различных элементах рельефа водосбора р. Ведрич. Учитывая результаты, полученные ранее [3, 4], нами выполнено моделирование миграции NaCl из шести источников в течение 300 лет. Для расчетов использована геомиграционная модель «WEDRICH-C». При решении миграционной задачи приняты следующие граничные и начальные условия: 1) все источники загрязнения площадью 1500х1500 м каждый с неограниченным объемом NaCl находятся на поверхности земли; 2) пять источников NaCl заданы в областях нисходящей фильтрации подземных вод (по периметру водосбора); 3) шестой источник NaCl задан в области восходящей фильтрации подземных вод (вблизи русла р. Ведрич, где в годовом разрезе испарение грунтовых вод превышает величину инфильтрационного питания); 4) NaCl поступает в грунтовый водоносный горизонт с атмосферными осадками (инфильтрационным питанием), которые просачиваются через зону аэрации; 5) концентрация NaCl в инфильтрующейся воде постоянна и равна 100 условным единицам (процентам); данное условие означает, что объем загрязняющего вещества в источнике является бесконечно большим; 6) на начальный момент времени (начало миграционных расчетов) в грунтовом водоносном горизонте концентрация NaCl также равна 100 условным единицам.

В изложенной постановке расчеты выполнены на t = 300 лет с шагом по времени Δt = 10,0 лет. Для первых 50-ти лет расчеты выполнены также с шагом Δt = 5,0 лет. Различия результатов решений при разных Δt на сходные моменты времени (t = 10, 20, 30, 40 и 50 лет) являются несущественными.

Основные результаты моделирования сводятся к следующему: 1) признаки загрязнения в основании зоны активного водообмена (в АНСВГ) появляются лишь через 100 лет; 2) вертикальная составляющая потока NaCl резко преобладает над латеральной; 3) в зоне восходящей разгрузки межпластовых вод за 300 лет уровень загрязнения грунтовых вод уменьшается от 100 до 7–9 %; 4) увеличение площади загрязнения каждого водоносного горизонта во времени происходит весьма медленно. Суммарная площадь ореолов загрязнения грунтового и межпластовых водоносных горизонтов (с концентрацией NaCl 1 % и более) на разные моменты времени от всех источников загрязнения приведена в таблице.

Таблица. **Суммарная площадь ореолов загрязнения грунтового и межпластовых водоносных горизонтов (с концентрацией NaCl 1 % и более) на разные моменты времени**

Table. **The total area of the contamination halos of ground and interlayer aquifers (NaCl concentration of 1% or more) at different time moments**

Расчетный момент времени t, годы	Водоносный горизонт, площадь ореола загрязнения, кв. км				
	1 – ГВГ	2 – СПВГ	3 – ПВГ	4 – ССМВГ	5 – АНСВГ
0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0
10	34,0	13,3	0,0	0,0	0,0
30	45,3	30,8	15,0	1,8	0,0
50	51,5	43,5	28,5	8,0	0,0
100	59,3	71,5	58,3	34,5	1,0
200	64,0	103,8	104,3	103,3	22,8
300	63,8	125,0	139,5	176,8	60,0
% от площади бассейна	4,8	9,5	10,6	13,4	4,5

Принципиальная схема хранения рассолов на поверхности земли. Учитывая вышеизложенное, а также сходство геологического строения, гидрогеологических и геоморфологических условий водосбора р. Ведрич и территории деятельности ОАО «Беларуськалий» (бассейны рек Случь и Бобрик) рассмотрим принципиальные аспекты условий хранения отходов калийного производства на поверхности земли в виде технических водоемов большой площади.

В жидких и твердых отходах производства РУП «Беларуськалий» в значительных количествах содержатся водорастворимые формы таких полезных для организма человека компонентов как магний, бром, стронций, йод и др. Соленые воды и рассолы (далее рассолы) разной концентрации, подготовленные на основе галитовых и глинисто-галитовых отходов, должны обладать положительным терапевтическим воздействием на организм человека. Водо- и рассолохранилища (далее рассолохранилища), созданные на базе таких рассолов, могут быть великолепными зонами отдыха, туризма и лечения. Если в отходах содержатся вредные для организма химические соединения, то возможно создание двухкольцевой системы рассолохранилищ: в центральной части хранятся небезопасные, а в периферийной – нейтральные и полезные для организма человека рассолы.

О реальности предлагаемой схемы может свидетельствовать пример Солотвинских озер в Закарпатской области Украины. Солотвинские озера - это группа небольших озер антропогенного происхождения, которые возникли вследствие просадки пород при добыче соли из расположенных поблизости соляных рудников. В большинстве озер соленость воды достигает 200 ‰, встречаются йодированные и пресноводные водоемы. Купания в соленой воде используются для лечения опорно-двигательного аппарата, переломов, радикулита, псориаза и других заболеваний, широко применяется грязелечение. На берегах озер открыто большое количество санаториев и баз отдыха [7].

Важным фактором, который должен обеспечить экономическую эффективность предлагаемого проекта, является возможность утилизации больших объемов жидких отходов РУП «Беларуськалий» как в самих рассолохранилищах, так и в геологическом пространстве под ними за счет самотечной нисходящей фильтрации рассолов. Возможные объемы утилизации жидких отходов будут обусловлены объемом геологического пространства под рассолохранилищами. К нему фактически относится весь разрез осадочного чехла от поверхности земли до кровли соленосных отложений. Мировой и отечественный опыт показывает, что решение задачи по оценке емкости геологического пространства не представляет трудностей. Закономерности миграции рассолов в геологической среде и возможности управления этим процессом также хорошо изучены, имеется накопленный опыт.

Хранение избыточных рассолов на широких водоразделах без изоляции рассолохранилищ от геологической среды даст возможность снизить остроту экологических проблем ОАО «Беларуська-

лий» без существенных финансовых и материальных затрат, а также создать в Республике Беларусь зону отдыха, туризма и лечения, базирующуюся на громадных запасах рассолов и их терапевтически полезных свойствах.

Список использованных источников

1. Лысухо, Н. А. Образование отходов и их переработка в Республике Беларусь : обзорная информация. – Минск: ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2001. – 48 с.

2. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь / Нац. комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь. – Минск: Белсэнс, 1997. – 216 с.

3. Жогло, В. Г. Геоэкологические проблемы хранения бытовых и промышленных отходов в Беларуси / В. Г. Жогло, Г. В. Заборовская, А. В. Ковалева // Сергеевские чтения. Вып. 7. / РАН, Ин-т геоэкол.; редкол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М.: ГЕОС, 2005. – С. 22–25.

4. Жогло, В. Г. Пресные подземные воды Гомельской области: динамика и экология / В. Г. Жогло, А. Н. Галкин, А. В. Третьякова, И. А. Красовская. – Минск : Беларуская навука, 2018. – 176 с.

5. Шестаков, В. М. Геогидрология – научное направление и образовательная дисциплина / В. М. Шестаков // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. – 1999. – № 4. – С. 75–80.

6. Шестаков, В. М. Гидрогеодинамика : учеб. для вузов / В. М. Шестаков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1995. – 368 с.

7. Жогло, В. Г. К проблеме утилизации отходов калийного производства в Республике Беларусь / В. Г. Жогло, А. А. Махнач, А. Д. Смычник // Актуальные проблемы геологии Беларуси и смежных территорий : материалы Междунар. науч. конф., посвящённой 90-летию со дня рождения академика НАН Беларуси А. С. Махнача. – Минск, 2008. – С. 306–309.

References

1. Lysuho N. A. *Obrazovanie othodov i ih pererabotka v Respublike Belarus : obzornaya informatsiya* [Waste generation and its recycling in the Republic of Belarus. Overview]. Minsk, ALC "LORANZH-2", 2001, 48 p. (in Russian).

2. *Natsionalnaya strategiya ustoychivogo razvitiya Respubliki Belarus. Nats. komis. po ustoychivomu razvitiyu Resp. Belarus* [National strategy of sustainable development of the Republic of Belarus. Nat. commission on the sustainable development of the Rep. of Belarus]. Minsk, Belsens Publ., 1997, 216 p. (in Russian).

3. Zhoglo V. G., Zaborovskaya G. V., Kovaleva A. V. *Geoekologicheskie problemyi hraneniya byitovyih i promyishlennyih othodov v Belarusi.* Sergeevskie chteniya. Vyip. 7. RAN, In-t geoekol., redkol. V. I. Osipov [Geoecological problems of household and industrial waste storage in Belarus. Iss. 7. RAS, Inst. of geoecol. Editorial board V. I. Osipov (exec. editor), etc. Moscow, GEOS Publ., 2005, pp. 22–25 (in Russian).

4. Zhoglo V. G., Galkin A. N., Tretyakova A. V., Krasovskaya I. A. *Presnyie podzemnyie vodyi Gomelskoy oblasti: dinamika i ekologiya* [Fresh groundwaters of Gomel region: dynamics and ecology]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2018, 176 p. (in Russian) (in Russian).

5. Shestakov V. M. Geohydrogeology – scientific direction and educational discipline. Mosk. University Bulletin. Ser. 4. Geology. – 1999. – № 4. – P. 75–80 (in Russian).

6. Shestakov V. M. *Gidrogeodinamika : ucheb. dlya vuzov. 3-e izd., pererab. i dop* [Hydrogeodynamics: university tutorial. The 3 ed., revised and supplemented]. Moscow, Moscow University Publ., 1995, 368 p. (in Russian).

7. Zhoglo V. G., Makhnach A. A., Smychnik A. D. K probleme utilizatsii othodov kaliynogo proizvodstva v Respublike Belarus [To the problem of the waste disposal of potash production in the Republic of Belarus]. Materialyi Mezhdunar. nauch. konf., posvyaschyonnoy 90-letiyu so dnya rozhdeniya akademika NAN Belarusi A. S. Mahnacha “Aktualnyie problemyi geologii Belarusi i smezhnyih territoriy” [Proc. Int. sci. conf. "Actual problems of geology of Belarus and adjacent territories", dedicated to the 90th anniversary of academician of NAS of Belarus A. S. Makhnach. Minsk, 2008, pp. 306–309(in Russian).

Информация об авторе

Жогло Василий Гаврилович – д-р геол.-мин. наук, зав. лаб. гидрогеологии и гидроэкологии, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: w.zhoglo50@tut.by

Information about the author

Vasilii G. Zhoglo – Dr. (Geology and Mineralogy), Head of the Lab. of Hydrogeology and Hydroecology, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: w.zhoglo50@tut.by

УДК 551.79:504.064(476)

Поступила в редакцию 12.12.2018
Received 12.12.2018

МОГУТ ЛИ ХРАНИТЬСЯ ОТХОДЫ КАЛИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ БЕЗ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ ЭКРАНОВ?

В. И. Пашкевич

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены гидрогеологические факторы, влияющие на процессы формирования загрязнения подземных вод при разных схемах хранения отходов калийного производства. Показано, что использование хранилищ без водонепроницаемых экранов приведет к резкому увеличению масштабов засоления пресных подземных вод.

Ключевые слова: калийное производство; отходы; хранение; подземные воды.

Для цитирования. Пашкевич В. И. Могут ли храниться отходы калийного производства на поверхности земли без водонепроницаемых экранов? // Природопользование. – 2018. – № 2. – С. 152–155.

COULD POTASSIUM PRODUCTION WASTE BE STORED ON EARTH SURFACE WITHOUT WATERPROOF SCREENS?

V. I. Pashkevich

Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The article considers the hydrogeological factors affecting the formation of groundwater pollution with different storage schemes for potash waste. It is shown that the use of storage facilities without waterproof screens will lead to a sharp increase in the salinity of fresh groundwater.

Keywords: potash production; waste storage; ground water.

For citation. Pashkevich V. I. Could potassium production waste be stored on earth surface without waterproof screens? *Nature Management,* 2018, no. 2, pp. 152–155.

Условия хранения отходов калийного производства. Беларусь, наряду с Канадой и Россией, обладает крупнейшими в мире запасами калийных солей. Их прогнозные ресурсы оцениваются в 80 млрд т [1]. Площадь распространения калиеносной формации достигает 19,0 тыс. км^2. С 1961 г. активно разрабатывается наиболее крупное Старобинское месторождение калийных солей с запасами 4,37 млрд т. В настоящее время добыча солей осуществляется здесь рудоуправлениями и рудниками ОАО «Беларуськалий». Строится также горно-обогатительный комбинат ИООО «Славкалий» на Нежинском участке, запасы калийных солей в пределах которого оцениваются в 2,08 млрд т. В 2014 г. было начато строительство горно-обогатительного комплекса на базе Петриковского месторождения калийных солей с запасами 1,28 млрд т. Расчетный срок его работы составляет 90 лет.

В пределах Припятского прогиба выявлен также ряд других перспективных участков для дальнейшего развития минерально-сырьевой базы калийной промышленности. Это Октябрьский, Смоловский, Копаткевичский, Шестовичский, Житковичский, Дроздовский, Светлогорский, Новодубровский и Любанский. Запасы калийных солей в пределах каждого из них оцениваются величиной от 0,43 до 1,90 млрд т [1]. Это свидетельствует о том, что калийная промышленность Беларуси располагает надежной минерально-сырьевой базой, способной обеспечить ее устойчивое развитие на весьма отдаленную перспективу.

Применяемые в настоящее время методы добычи и переработки калийных руд обуславливают формирование большого объема твердых галитовых отходов и жидких глинисто-солевых шламов. За время эксплуатации Старобинского месторождения здесь в 4-х солеотвалах по состоянию на 2015 г. накоплено 932,7 млн т галитовых отходов на площади около 5 км^2, а также 110,5 млн т глинисто-солевых шламов в шламохранилищах общей площадью свыше 7 км^2. В 2015 г. объем образовавшихся здесь твердых галитовых отходов составил почти 30 млн т, а глинисто-солевых шламов – 3,15 млн т [2].

По действующей «Классификации отходов, образующихся в Республике Беларусь» [3], отходы производства калийных удобрений (галитовые отходы – код 5152201 и шламы галитовые, глинисто-

солевые – код 5152202) относятся к отходам 4-го класса опасности. В геоэкологическом плане значительную опасность они представляют как источник засоления подземных и поверхностных вод, поэтому во всем мире на участках их хранения самое пристальное внимание уделяется мероприятиям по предотвращению выноса солей в окружающую среду. Солеотвалы и шламохранилища оконтуриваются дамбами. На площадках складирования отходов создаются специальные противофильтрационные экраны [4] из слоев уплотненного глинистого грунта мощностью до 0,5 м и полимерной пленки (т. н. геомембраны). Помимо этого, на Солигорских калийных комбинатах с целью сокращения объемов хранения жидких отходов на поверхности (в шламохранилищах) с 1987 г. стали вводиться в эксплуатацию установки подземного захоронения избыточных рассолов – УЗИРы. Они обеспечивают сброс через специальные скважины в глубокие подземные горизонты верхнего протерозоя (PR_2) высокоминерализованных рассолов в объеме более 1,0 млн $м^3$ в год.

Вместе с тем, защитные мероприятия, проводимые в Солигорском горно-промышленном районе на участках хранения твердых и жидких отходов калийного производства, не в полной мере предотвращают загрязнение подземных вод. Такое загрязнение фиксируется в многочисленных наблюдательных гидрогеологических скважинах, расположенных как вблизи, так и на удалении (до 0,5–1,0 км) от солеотвалов и шламохранилищ. Площадь сформировавшегося ореола загрязнения в горизонте грунтовых вод (с минерализацией более 1 г/л) оценивается в 14 $км^2$, а в палеоген-неогеновом горизонте – до 30 $км^2$ [2]. Все это позволяет говорить о том, что экологическая проблема загрязнения подземных вод в Солигорском горно-промышленном районе является одной из самых актуальных.

Гидрогеологическая обоснованность мероприятий по защите подземных вод от загрязнения на участках хранения отходов калийного производства. В настоящее время на участках хранения любых опасных отходов в обязательном порядке создаются противофильтрационные экраны, препятствующие выносу загрязняющих веществ в подземные воды. В связи с этим неожиданным представляется вывод, сделанный в статье В. Г. Жогло «Проблемы утилизации отходов калийного производства в Республике Беларусь» о принципиальной невозможности обеспечить защиту подземных вод от загрязнения на участках хранения любых отходов, если хранилища не изолированы от поступления атмосферных осадков. Он пишет, что *«…Если в основании хранилища устраивать водонепроницаемый экран, как это регламентируется нормативными документами, то ситуация будет только усугубляться, поскольку снижается подземная составляющая стока и увеличивается его поверхностная часть. Широко применяемые ныне способы хранения коммунальных и производственных отходов, направленные на защиту водных ресурсов от загрязнения, фактически ничего не защищают. Более того, они способствуют интенсивному выносу загрязняющих веществ в поверхностные водные источники, загрязнению почвенного и растительного покровов»*. С этим выводом нельзя согласиться. Его неправомерность особенно очевидна в отношении хранилищ жидких отходов. Наличие под таким хранилищем водонепроницаемого экрана, который безусловно обеспечивает снижение подземной составляющей в структуре водного баланса, не приведет, однако, к неизбежному увеличению поверхностного стока за счет поступления атмосферных осадков (если хранилище не будет пополняться все новыми и новыми объемами жидких отходов). Именно это мы и наблюдаем на действующих хранилищах. Их переполнения за счет поступления атмосферных осадков не происходит. И это обусловлено не столько утечками из хранилищ из-за несовершенства противофильтрационных экранов, сколько природно-климатическими условиями Беларуси. В южной части Беларуси (в зоне Полесья) среднегодовое количество атмосферных осадков варьирует от 548 мм (Брест) до 600 мм (Мозырь), а на ближайшей к Солигорску метеостанции (Слуцк) составляет 580 мм [5]. В то же время среднегодовая величина испарения с открытой водной поверхности (так называемая «испаряемость») только за безледоставный период, т. е. с апреля по ноябрь, в зоне Полесья варьирует от 590 до 700 мм [5]. Для Солигорского региона испаряемость составляет 590 мм, т. е. даже за неполный год (с апреля по ноябрь) она сопоставима и даже выше, чем годовая сумма выпадающих здесь атмосферных осадков (580 мм). Таким образом, атмосферные осадки здесь не могут сформировать на шламохранилищах сколько-нибудь значимого увеличения поверхностного стока.

Несколько иная ситуация складывается на участках хранения твердых галитовых отходов – на солеотвалах. В природно-климатических условиях Беларуси среднегодовая величина испарения с поверхности почвы в целом ниже суммы атмосферных осадков. Даже при постоянно полном увлажнении почвы годовая величина испарения с ее поверхности в зоне Полесья составляет от 525 до 575 мм [5], т. е. меньше суммы выпадающих здесь осадков (548–600 мм). На солеотвалах в режиме непостоянного увлажнения слагающих их грунтов это различие будет еще большим. В результате здесь формируется весьма значительный поверхностный сток – так называемые избыточные рассолы. Они задерживаются дамбами, оконтуривающими солеотвалы, а затем направляются на подземное захоронение в УЗИРах.

Таким образом, существующие инженерные решения, в случае их грамотной реализации, способны предотвратить широкомасштабное загрязнение водных ресурсов на территориях, прилегающих к местам хранения жидких и твердых отходов калийного производства. Помимо этого, места хранения, по крайней мере, жидких отходов следует рассматривать как места их временного хранения. После окончания разработки Старобинского месторождения эти отходы могут быть направлены на захоронение в подземные горные выработки.

В связи с этим нельзя согласиться с выводом В. Г. Жогло, содержащимся в указанной статье, о целесообразности хранения отходов калийного производства на поверхности земли в виде технических водоемов большой площади без строительства защитных противофильтрационных экранов. Им предлагается *«…утилизация больших объемов жидких отходов РУП «Беларуськалий» как в самих рассолохранилищах, так и в геологическом пространстве под ними за счет самотечной нисходящей фильтрации рассолов»*. Фактически речь идет о прямом сбросе жидких промышленных отходов (рассолов) в водоносные горизонты пресных подземных вод. Какими же будут последствия такого сброса? Гидрогеологические условия территории размещения хранилищ жидких и твердых отходов в Солигорском горно-промышленном районе таковы, что в верхней части активного водообмена (зона пресных вод), в соответствии с известной схемой «междуречного потока» А. И. Мятиева [6, 7], преобладает нисходящее движение подземных вод. Такие условия характерны для водораздельных территорий. Однако, такое движение подземных вод на этих участках является преобладающим лишь до первого значительного водоупорного слоя в геологическом разрезе. На рассматриваемой территории это терригенно-карбонатная толща туронских отложений (K_2t), подстилающая палеогеновый водоносный комплекс (P_3kv-hr). Над водоупорным слоем, в зависимости от степени его проницаемости, возрастает горизонтальная составляющая в структуре потока подземных вод. По этой причине, в частности, в Солигорском горно-промышленном районе площадь ореола загрязнения подземных вод в палеогеновом комплексе (30 км^2) более чем в 2 раза превышает площадь загрязнения в горизонте грунтовых вод (14 км^2), где она близка к общей площади (имеющихся здесь источников загрязнения – солеотвалов и шламохранилищ (12 км^2).

Далее в разрезе значимым водоупором является терригенно-карбонатная толща келловейских отложений верхней юры (J_3k), а региональным водоупором, разделяющим зоны активного и замедленного водообмена, является карбонатно-терригенная толща верхнего девона (D_3). Над этим региональным водоупором движение в зоне пресных подземных вод будет уже субгоризонтальным и направленным к областям разгрузки – к долине р. Случь и Солигорскому водохранилищу.

В соответствии с этим будет происходить и распространение загрязнения в водоносных горизонтах. В конечном итоге с потоком подземных вод соленые воды начнут поступать в р. Случь и Солигорское водохранилище. В связи со сравнительно низкими темпами водообмена в водоносных горизонтах подземных вод, их засоление при использовании рассолохранилищ, не изолированных от геологической среды, будет протекать очень медленно и растянется на несколько десятилетий. Однако, учитывая огромные объемы солей, которые поступят при сбросе рассолов в зону пресных вод, это сформирует в водоносных горизонтах загрязнение, которое сохранится в них на протяжении нескольких столетий.

В статье В. Г. Жогло сформировано также предложение об использовании рассолохранилищ ОАО «Беларуськалий» в качестве «…*великолепных зон отдыха, туризма и лечения*». В целом, созданный за последние десятилетия в Солигорском ГПР техногенный ландшафт, сочетающий огромные солеотвалы высотой до 120 м и примыкающие к ним голубые озера – рассолохранилища, безусловно обладает своеобразной красотой и может быть объектом промышленного туризма. Однако, использование этих рассолохранилищ для лечения вряд ли возможно. Сравнивать их с Солотвинскими озерами в Закарпатье нельзя, так как последние сформированы в результате процессов естественного растворения соленосных толщ, вскрытых старыми соляными рудниками, а рассолохранилища ОАО «Беларуськалий» содержат в основном жидкие промышленные отходы процессов переработки калийных руд. В этих отходах присутствуют, например, флотореагенты – вещества (амины и др.), которые используются в процессах флотационного обогащения калийных руд [8].

Все вышеизложенное не позволяет согласиться с заключительным выводом в статье В. Г. Жогло о том, что *«…Хранение избыточных рассолов на широких водоразделах без изоляции рассолохранилищ от геологической среды даст возможность снизить остроту экологических проблем ОАО «Беларуськалий» без существенных финансовых и материальных затрат, а также создать в Республике Беларусь зону отдыха, туризма и лечения, базирующуюся на громадных запасах рассолов и их терапевтически полезных свойствах»*. В настоящее время большая часть избыточных рассолов, образующихся на этом предприятии (более 1 млн т в год), закачивается в глубокие подземные горизонты на глубину более 1000 м, т. е. фактически захоранивается. И если перейти к «хранению» этих рассолов в рассолохранилищах без изоляции, то это будет равнозначно сбросу их напрямую в зону пресных вод. Очевидно, что это приведет к еще большему их загрязнению и ни в коем случае не снизит остроту экологических проблем данного региона.

Список использованных источников

1. Полезные ископаемые Беларуси / редкол.: П. З. Хомич [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.

2. Челноков, А. А. Обращение с отходами: учеб. пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко, И. Н. Жмыхов, К. К. Юращик. – Минск: Вышэйшая школа, 2018. – 460 с.

3. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь. Утв. Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 08.11.2017 г. № 85.

4. СН 551-82 Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

5. Энцыклапедыя прыроды Беларусі : у 5 т. – Мінск: Беларуская савецкая энцыклапедыя, 1983. – Т. 1. – 575 с.

6. Мятиев, А. И. Напорный комплекс подземных вод и колодцы / А. И. Мятиев // Известия АН СССР. Отд. техн. наук, 1947, № 9. – С. 1069–1088.

7. Гидрогеология / под ред. В. М. Шестакова и М. С. Орлова. – М.: МГУ, 1984. – 317 с.

8. Миканович, Д. С. Прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций на грунтовых подпорных сооружениях шламохранилищ Республики Беларусь : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д. С. Миканович. – Минск: Университет гражданской защиты МЧС РБ, 2018. – 28 с.

References

1. *Poleznyie iskopaemyie Belarusi* [Resources of Belarus]. Under red. P. Z. Khomich and others. Minsk, House Adukatsyya and Vykhavanna Publ., 2002, 528 p. (in Russian).

2. Chelnokov A. A., Yushchenko L. F., Zhmykhov I. N., Yuraschik K. K. *Obraschenie s othodami: uchebnoe posobie* [Waste management; study guide]. Minsk, Vysheyshaya Shkola House Publ., 2018, 460 p. (in Russian).

3. *Klassifikator othodov, obrazuyuschihsya v Respublike Belarus. Utverzhden Postanovleniem Ministerstva prirodnyih resursov i ohranyi okruzhayuschey sredyi Respubliki Belarus ot 08.11.2017 g. № 85* [Classification of waste generated in the Republic of Belarus. Approved by the Decree of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus 8 November 2017 no. 85] (in Russian).

4. *SN 551-82 Instruktsiya po proektirovaniyu i stroitelstvu protivofiltratsionnyih ustroystv iz polietilenovoy plenki dlya iskusstvennyih vodoemov*. *Gosstroy SSSR* [CH 551-82 Instructions for the design and construction of impervious devices made of polyethylene film for artificial reservoirs, State build of the USSR]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1983, 40 p. (in Russian).

5. *Entsyiklapedyiya pryirodyi Belarusi* [Nature Encyclopedia of Belarus, in the 5th vol., vol. 1]. Minsk, 1983, 575 p.

6. Myatiev A. I. *Napornyiy kompleks podzemnyih vod i kolodtsyi* [Pressurized complex of groundwater and wells]. News of the Academy of Sciences of the USSR. Separate tech. Sciences, 1947, no. 9, pp. 1069–1088.

7. *Gidrogeologiya. Pod red. V. M. Shestakova i M. S. Orlova* [Hydrogeology. Under edit of V. M. Shestakova and M. S. Orlov]. Moscow, Moscow State University Publ., 1984, 317 p.

8. Mikanovich D. S. *Prognozirovanie vozniknoveniya chrezvyichaynyih situatsiy na gruntovyih podpornyih sooruzheniyah shlamohranilisch Respubliki Belarus. Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk* [Forecasting of the occurrence of emergencies on the underground retaining structures of the sludge storage facilities of the Republic of Belarus. Ph.D. tech. sci. abstract diss]. Minsk, University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus Publ., 2018, 28 p.

Информация об авторе

Пашкевич Василий Иванович – канд. геол.-мин. наук, вед. науч. сотр., Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114 г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: v.i.pashkevich@tut.by

Information about the author

Vasiliy I. Pashkevich – Ph.D. (Geology and Mineralogy), Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.i.pashkevich@tut.by

ХРОНИКА
CHRONICS

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ БЕЛАРУСИ И СМЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ», ПОСВЯЩЕННАЯ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА АЛЕКСАНДРА СЕМЁНОВИЧА МАХНАЧА
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "PROBLEMS OF GEOLOGY OF BELARUS AND ADJACENT TERRITORIES", TO THE 100th ANNIVERSARY OF ACADEMICIAN ALEKSANDER SEMENOVICH MAKHNACH

21–22 ноября 2018 г. Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси и Научно-производственным центром по геологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь проведена Международная научная конференция «Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий», посвященная 100-летию со дня рождения академика Александра Семёновича Махнача и 90-летию со дня основания Национальной академии наук Беларуси.

В работе конференции приняли участие более 100 ученых-геологов из почти всех организаций Беларуси, имеющих отношение к исследованию недр (Института природопользования НАН Беларуси, НПЦ по геологии, Белорусского, Гомельского и Брестского госуниверситетов, Белорусского национального технического университета, Белорусского государственного технологического университета, Белорусского государственного педагогического института, БЕЛГОРХИМПРОМа и др.), а также из Геологического института РАН, Московского госуниверситета, Института геологии и геохронологии докембрия РАН, Института геологических наук НАН Украины и др.

Конференцию открыл заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси академик А. В. Сукало. Он отметил символичность совпадения юбилея Академии и юбилея Александра Семёновича Махнача – одной из знаковых фигур белорусской науки, человека, почти 60 лет жизни которого связано с Академией наук.

С приветственным словом выступает главный научный сотрудник лаборатории геотектоники и геофизики Института природопользования НАН Беларуси, доктор геолого-минералогических наук, академик НАН Беларуси, профессор Р. Г. Гарецкий

Welcoming remarks by Chief Researcher of the Laboratory of Geotectonics and Geophysics, Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, D. Sc. (Geology and Mineralogy), Academician, Professor R. G. Garetsky

Конференция включала пленарные заседания и работу двух тематических секций.

Секция 1. Геология платформенного чехла и кристаллического фундамента.

Секция 2. Рациональное недропользование (освоение месторождений, геотехнологические и геоэкологические проблемы).

На пленарных и секционных заседаниях было представлено 48 докладов.

С докладом о жизни и научной деятельности академика НАН Беларуси А. С. Махнача выступает ведущий научный сотрудник Института геологии ГП «НПЦ по геологии» кандидат геолого-минералогических наук С. А. Кручек

Report about life and scientific activity of the Academician of the NAS of Belarus A. S. Makhnach is held by Leading Researcher Republican Unitary Enterprise "Scientific-Production Center for Geology" (State Enterprise "NPC Geology") Ph. D (Geology and Mineralogy) S. A. Krychek

В пленарных, секционных и стендовых докладах, представленных на конференции, были рассмотрены актуальные проблемы геологии Беларуси и сопредельных стран. Серия докладов была посвящена фундаментальным научным проблемам, без постановки и решения которых невозможно развитие практической геологии, – это проблемы тектоники, геодинамики и геофизики, стратиграфии и палеонтологии, литологии и геохимии.

Также были рассмотрены вопросы образования и развития кристаллического фундамента и всего осадочного чехла от рифея до квартера.

Обсуждались вопросы рационального недропользования, освоения месторождений полезных ископаемых, геотехнологические и геоэкологические вопросы. В ряде докладов были рассмотрены вопросы подготовки студентов-геологов и научных кадров высшей квалификации.

В рамках конференции была проведена экскурсия по Геологическому музею Государственного предприятия «НПЦ по геологии». В музее участники конференции ознакомились с образцами минералов и горных пород, палеонтологическими находками и метеоритами, собранными не только на территории Беларуси, но и далеко за ее пределами.

К началу конференции был издан сборник представленных на ней докладов «Проблемы геологии Беларуси и смежных территорий: материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН Беларуси Александра Семёновича Махнача, Минск, 21–22 ноября 2018 г.» (Национальная академия наук Беларуси, Институт природопользования ; редкол.: А. А. Махнач [и др.]. – Минск : СтройМедиаПроект, 2018. – 336 с.).

Доктор геолого-минералогических наук,
академик НАН Беларуси, профессор А. А. Махнач;
доктор географических наук В. С. Хомич

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «ЭНЕРГЕТИКА. ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ. ЭЛЕКТРО»

XXIII INTERNATIONAL SPECIALIZED EXHIBITION "ENERGY. ECOLOGY. ENERGY SAVING. ELECTRO"

С 9 по 12 октября 2018 г. в Минске прошел XXIII Белорусский энергетический и экологический форум, который включал в себя в том числе XXIII Международную специализированную выставку «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро» (EnergyExpo).

На стенде коллективного раздела научно-технических разработок Республики Беларусь представили свои разработки 29 учреждений и организаций Национальной академии наук Беларуси, Министерства образования Республики Беларусь и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. В работе выставки принял участие Институт природопользования НАН Беларуси.

На выставке Институтом были представлены в виде планшетного материала приборы для определения теплофизических свойств горных пород. Данные приборы предназначены для определения теплофизических и прочностно-деформационных характеристик горных пород, необходимых для разработки проектов проходки шахтных стволов калийных рудников в сложных гидрогеологических условиях с применением искусственного замораживания. Такие приборы в странах СНГ не производятся.

Из новинок в виде натурных образцов экспонировались топливные пеллеты на основе торфа с различными растительными добавками и пеллеты из растительной биомассы; порошок гуминовый торфяной модифицированный (предназначен для использования в качестве базового компонента для производств буровых реагентов); смеси дорожные технические (для отсыпки дорожных оснований и откосов дорог внутрипроизводственного пользования, предотвращения размыва их осадками).

В разделе «Экология» были представлены:

сорбционные материалы на основе торфа: для очистки загрязненных нефтепродуктами почвы и воды, для очистки атмосферного воздуха от газообразных загрязнителей, для адсорбции тяжелых металлов;

сорбент ионов тяжелых металлов гуминовый для очистки сточных вод;

уголь торфяной активированный;

мелиорант торфозольный технический.

За время работы выставки стенд посетили специалисты промышленных предприятий и фирм Беларуси, России, Польши и студенты учреждений высшего образования.

Участникам выставки и посетителям стенда, заинтересовавшимся разработками института, были предоставлены рекламные материалы, содержащие основные характеристики и контактную информацию для сотрудничества.

По результатам работы выставки Институт природопользования НАН Беларуси награжден дипломом Министерства энергетики Республики Беларусь за активное участие в XXIII Международной специализированной выставке «Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро-2018».

Заведующий отделом международного сотрудничества, патентно-лицензионной и информационной работы
С. А. Гапеева

ЮБИЛЕИ
JUBILEE

АКАДЭМІК РАДЗІМ ГАЎРЫЛАВІЧ ГАРЭЦКІ
(Да 90-годдзя з дня нараджэння)

ACADEMICIAN RADZIM GAYRYLAVICH GARETSKY
(To the 90th anniversary)

7 снежня 2018 года споўнілася 90 гадоў Радзіму Гаўрылавічу Гарэцкаму – акадэміку Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, замежнаму члену Расійскай акадэміі навук, доктару геолага-мінералагічных навук, прафесару, Заслужанаму дзеячу навукі БССР, лаўрэату Дзяржаўнай прэміі СССР і Дзяржаўнай прэміі БССР, Прэміі Расійскай акадэміі навук імя акадэміка М. С. Шацкага і Прэміі НАН Беларусі і Сібірскага аддзялення РАН імя акадэміка В. А. Капцюга, акадэміку – заснавальніку Міжнароднай акадэміі экалогіі і Міжнароднай акадэміі навук Еўразіі, сябру Амерыканскага геафізічнага саюза, аднаму з «Выдатных людзей 20-га стагоддзя», паводле спіса Міжнароднага біяграфічнага цэнтра Кембрыджа.

Бацькі Радзіма Гаўрылавіча – Гаўрыла Іванавіч Гарэцкі і Ларыса Восіпаўна Парфяновіч-Гарэцкая – скончылі Ціміразеўскую сельскагаспадарчую акадэмію ў Маскве: ён стаў вучоным-эканамістам, яна – аграномам-селекцыянерам. Гаўрыла Іванавіч быў адным з заснавальнікаў Беларускай акадэміі навук. У 1930 г. акадэмік Гаўрыла Гарэцкі, як і яго брат, вядомы пісьменнік Максім Гарэцкі, быў арыштаваны, што надоўга прадвызначыла вандроўнае жыццё сям'і за межамі Беларусі і нялёгкае дзяцінства Радзіма Гаўрылавіча. Яму давялося вучыцца ў 13 школах у розных гарадах і пасёлках. У 1947 г. ён паступіў на геолага-разведачны факультэт Маскоўскага нафтавага інстытута імя І. М. Губкіна, які скончыў у 1952 г. і быў запрошаны А. Л. Яншыным на працу ў Геалагічны інстытут Акадэміі навук СССР (ГІН).

Ужо першыя даследаванні Р. Г. Гарэцкага ў Заходнім Казахстане і Сярэдняй Азіі пад кіраўніцтвам акадэмікаў М. С. Шацкага і А. Л. Яншына дазволілі вырашыць некаторыя важныя пытанні агульнай і рэгіянальнай тэктонікі, стратыграфіі, палеанталогіі, літалогіі, геалогіі нафтавых і газавых радовішчаў. Разам з акадэмікам А. Л. Яншыным Радзім Гаўрылавіч зрабіў грунтоўны ўнёсак у развіццё метадаў тэктанічных даследаванняў, вынікі якіх апублікаваны ў сумеснай фундаментальнай працы «Тектонический анализ мощностей» (1960). У кнізе, насуперак пануючым уяўленням, сцвярджалася значнае пашырэнне ў геалагічным мінулым некампенсаванага прагінання, захаванасць старажытнага эразійнага рэльефу, глыбакаводных адкладаў.

1950–1960 гг. у геалогіі вызначыліся сцвярджэннем парадыгмы новай глабальнай тэктонікі (тэктонікі пліт) і яе важнай часткі – вучэння аб маладых платформах, і Р. Г. Гарэцкі асаблівую ўвагу надаваў даследаванням маладых платформ. У 1969 г. ён атрымаў вучоную ступень доктара геолага-мінералагічных навук за працу «Тектоника молодых платформ Евразии», а ў 1972 г. выйшла яго манаграфія пад той жа назвай. У кнізе вылучаны асаблівасці геалагічнай будовы і развіцця маладых платформ як адметнай катэгорыі тэктанічных элементаў літасферы і ў якасці тэктонатыпу абрана Цэнтральна-Еўразійская платформа, а як тэктонатып маладых пліт – Туранская пліта. Даследаванне маладых платформ дазволіла выявіць тэктанічныя заканамернасці размяшчэння многіх карысных выкапняў, што забяспечыла адкрыццё у 1965 г. па рэкамендацыі Радзіма Гаўрылавіча і яго калег новага газаноснага раёна ў Прыараллі.

У гэты ж час Р. Г. Гарэцкі ўдзельнічаў у рабоце па падрыхтоўцы матэрыялаў ў некаторыя тамы «Геологии СССР». Асабліва складанай аказалася праца над XXI томам «Западный Казахстан». Разам з А. Л. Яншыным (рэдактарам тома), В. С. Журавлёвым, А. Е. Шлезінгерам, казахскімі геолагамі і іншымі калегамі Радзімам Гаўрылавічам упершыню была сістэматызавана ў дзвюх кнігах тома геалогія вялізнай тэрыторыі, з разнастайнымі па геалагічнай будове раёнамі і пашыранымі ў іх пародамі ад дакембрыю да сучаснасці, з дадаткам «Геологической карты Западного Казахстана», маштаб 1 : 500 000 (1970).

Важнае месца ў працы Р. Г. Гарэцкага займае стварэнне тэктанічных карт. У 1968–1975 гг. ён з'яўляўся намеснікам старшыні Рэдакцыйнай камісіі па апрабацыі і зацвярджэнні геолага-геафізічных карт нафтагазаносных раёнаў тэрыторыі СССР, маштаб 1 : 1 000 000. За ўдзел у стварэнні «Тектонической карты Евразии», маштаб 1 : 5 000 000, і манаграфію «Тектоника Евразии» яму разам з другімі вучонымі ГІНа на чале з А. Л. Яншыным у 1969 г. была прысуджана Дзяржаўная прэмія СССР.

За час працы ў ГІНе (1952–1971 гг.) у Радзіма Гаўрылавіча ў поўнай меры выявіўся і развіўся талент вучонага і арганізатара. Працавітасць, звычка да напружанай работы, выдатныя веды па спецыяльнасці, адказнасць за даверaную справу, дабрасумленнасць і лёгкі характар – лагодны ў адносінах з людзьмі, але цвёрды ў прынцыповых момантах, спрыялі поспехам і аўтарытэту ў калектыве.

У 1971 г. прэзідэнт АН БССР акадэмік М. А. Барысевіч запрасіў Р. Г. Гарэцкага на працу ў Мінск, ў Інстытут геахіміі і геафізікі АН БССР, дзе ўжо працаваў яго бацька Гаўрыла Іванавіч Гарэцкі. У снежні гэтага ж года Радзім Гаўрылавіч вярнуўся на Радзіму і ўзначаліў створаны ў інстытуце аддзел агульнай і рэгіянальнай тэктонікі. У хуткім часе Радзім Гаўрылавіч стаў прызнаным лідэрам тэктанічнай школы Беларусі і Прыбалтыкі, што выявілася і ў працы арганізаванай ім Камісіі па тэктоніцы Беларусі і Прыбалтыкі Міжведамаснага тэктанічнага камітэта СССР (1972–1991). У 1972 г. Р. Г. Гарэцкі быў абраны членам-карэспандэнтам АН БССР. Пад яго кіраўніцтвам разгарнулася праца па абагульненні велізарнага фактычнага матэрыялу па тэктоніцы, назапашанага геолагамі на тэрыторыі Беларусі, Прыбалтыкі і заходніх абласцей Расіі. У выніку ў 1976 г. была апублікавана «Тэктанічная карта Беларусі і сумежных тэрыторый», маштаб 1 : 500 000, і манаграфія «Тектоника Беларуси». Таксама вучоным быў прапанаваны новы метад складання тэктанічных карт паводле раянавання тэрыторыі па ўзросце галоўнага этапу фарміравання платформавых структур. У манаграфіі ўпершыню апісаны будова і этапы развіцця структур фундамента і чахла захаду СССР, вырашаны некаторыя актуальныя праблемы тэктонікі старажытных платформ і тэктанічныя заканамернасці размяшчэння карысных выкапняў. За стварэнне «Тэктанічнай карты Беларусі» і манаграфію «Тектоника Беларуси» Радзіму Гаўрылавічу з групай вучоных і геолагаў-практыкаў у 1978 г. была прысуджана Дзяржаўная прэмія БССР.

Новы этап у навукова-арганізацыйнай дзейнасці Р. Г. Гарэцкага пачаўся з 1977 г., калі яго абралі правадзейным членам (акадэмікам) АН БССР і прызначылі дырэктарам Інстытута геахіміі і геафізікі АН БССР, якім ён кіраваў 16 гадоў, пакуль не стаў віцэ-прэзідэнтам Акадэміі навук Беларусі.

Важнае месца ў дзейнасці Радзіма Гаўрылавіча занялі сумесныя праекты з замежнымі геолагамі, супрацоўніцтва з якімі ён распачаў яшчэ ў ГІНе з вывучэння палеазаід Еўразіі. Асабліва плённым яно было ў 1975–1986 гг. па праекце № 86 Міжнароднай праграмы геалагічнай карэляцыі (МПГК) «Усходне-Еўрапейская платформа (паўднёва-заходні край)». Распрацоўка гэтай актуальнай праблемы патрабавала сінтэзу геалагічных матэрыялаў аб будове і развіцці велізарнай тэрыторыі Еўропы ў межах амаль 20 краін і тэктанічных структур ад бартоў Балтыйскай сінеклізы, Беларускай антэклізы, Украінскага шчыта і Дабруджы на ўсходзе да варысцыйскіх збудаванняў Сярэдняй Еўропы і каледанід Англіі на захадзе, уключна з акваторыяй Паўночнага мора. Радзім Гаўрылавіч – адзін з кіраўнікоў гэтага праекта, узначаліў даследаванні на тэрыторыі СССР і непасрэдна кіраваў тэктанічным напрамкам праекта. Адзін з асноўных вынікаў гэтай работы – складанне і выданне «Тэктанічнай карты паўднёва-заходняй ускраіны Усходне-Еўрапейскай платформы», маштаб 1 : 1 500 000 (галоўны рэдактар – Р. Г. Гарэцкі). Праведзеныя даследаванні далі магчымасць паглыбіць уяўленні аб тэктоніцы Еўропы і скласці комплекс літолага-палеагеаграфічных карт Заходняй і Цэнтральнай Еўропы.

Развіваючы вучэнне аб платформах, Радзім Гаўрылавіч асаблівую ўвагу надаваў галоўным структурам – аўлакагенам, сінеклізам, антэклізам, зонам перыкратонных апусканняў. У спецыяльных працах была выканана класіфікацыя сінекліз і антыкліз, раскрыты асаблівасці іх развіцця. Разам з С. В. Клушыным ён упершыню паказаў галоўную ролю лістрычных разломаў у будове і развіцці Прыпяцкага палеарыфта, а разам з іншымі калегамі – праблему лістрычнай тэктонікі платформ наогул. Вялікае значэнне вучоны надаваў інтэрпрэтацыі геафізічных матэрыялаў, вывучэнню глыбіннай будовы і геадынамікі платформ, іх сейсматэктанічнаму раянаванню. Вынікам гэтых мэтанакіраваных даследаванняў стала выданне пры ўдзеле і навуковым рэдагаванні Р. Г. Гарэцкага шэрагу манаграфій, сярод якіх «Тектоника Припятского прогиба» (1979), «Палеотектоника Белоруссии» (1983), «Геофлюидодинамика и нефтеобразование» (1997), «Геофизические поля и динамика тектоносферы» (2002) і інш.

Значныя практычныя вынікі даследавання маладых і старажытных платформ палягаюць у высокай абгрунтаванасці на іх аснове навуковага прагнозу такіх карысных выкапняў, як нафта і газ, калійныя і каменныя солі, аалітавыя жалезныя руды, вуголле, падземныя пітныя воды і расолы і інш. У 1985 г. Радзім Гаўрылавіч быў узнагароджаны Прэзідыумам АН СССР прэміяй імя акадэміка М. С. Шацкага за серыю работ па тэме «Тектоника осадочного чехла платформенных областей Евразии». У 2004 г. разам з калектывам вучоных Беларусі і Сібіры вучоны стаў лаўрэатам прэміі імя акадэміка В. А. Капцюга, прысуджанай Сібірскім аддзяленнем РАН і НАН Беларусі.

Вывучэнне Р. Г. Гарэцкім Прыпяцкага саляроднага басейна сумесна з В. З. Кіслікам, Э. А. Высоцкім, Н. С. Пятровай і іншымі спецыялістамі дазволіла раскрыць заканамернасці распаўсюджвання, будовы, складу і ўтварэння дэвонскіх саляносных фармацый. Вынікі апублікаваны ў трох сумесных манаграфіях на гэту тэму, у іх ліку выданне «Калиеносные бассейны мира» (1988).

З калектывам беларускіх геолагаў Р. Г. Гарэцкі распрацаваў новае нафтагеалагічнае раянаванне Прыпяцкага прагіну і абгрунтаваў асноўныя напрамкі нафтапошукавых работ, звяртаючы ўвагу на важнасць сейсмастратыграфічных метадаў лакальнага і занальнага прагнозаў. Новыя метадычныя прыёмы пошуку радовішчаў нафты, распрацаваныя ім з калегамі, былі абаронены пяццю аўтарскімі пасведчаннямі аб вынаходніцтве. Сумесна з геолагамі-нафтавікамі Беларусі, Літвы, Украіны вучоны ўдзельнічаў у падрыхтоўцы і публікацыі фундаментальнай манаграфіі «Геология и нефтегазоносность запада Восточно-Европейской платформы» (1997).

У 1990-х гадах Радзім Гаўрылавіч з'яўляўся адным з лідэраў буйных навуковых міжнародных праектаў «Europrobe» і «Eurobridge», кіруючы савецкай, а пазней і беларускай часткай. Па тэрыторыі Беларусі быў праведзены геатрансект з дэталёвымі комплекснымі геолага-геафізічнымі даследаваннямі па двух профілях: Варэна–Нясвіж–Выступовічы і Бабруйск–Лельчыцы. Для выяўлення глыбіннай будовы асабліва важным з'яўлялася сейсмічнае і магніта-тэлурычнае зандзіраванне, у выніку якога былі здабыты фундаментальныя веды аб структуры і эвалюцыі літасферы захаду Усходне-Еўрапейскай платформы.

У 1993 г. Радзім Гаўрылавіч Гарэцкі з'яўляўся членам беларускай дэлегацыі на Генеральнай канферэнцыі ЮНЕСКА ў Парыжы, дзе выступіў з прапановай правесці даследаванне навейшай геадынамікі Цэнтральнай Еўропы ў сувязі з праблемай паходжання катлавіны Балтыйскага мора. Ідэя была падтрымана і набыла статус праекта МПГК № 346 «Неагеадынаміка дэпрэсіі Балтыйскага мора і сумежных абласцей», кіраўнікамі якога былі Р. Г. Гарэцкі, Э. А. Ляўкоў (Беларусь) і Г. Шваб (Германія). У выніку даследаванняў па праекце (1994–1998) геолагамі Беларусі, Германіі, Даніі, Літвы, Латвіі, Польшчы, Украіны і Расіі была апублікавана серыя карт і высветлены асноўныя фактары неагеадынамічных працэсаў, уплываючых на развіццё тэрыторыі Цэнтральнай Еўропы; сярод іх – залажэнне ў сярэднім плейстацэне Усходне-Балтыйскай рыфтавай сістэмы трайнога сучлянення, фарміраванне якой прадаўжаецца і сёння. Вынікі гэтага даследвання падведзены ў манаграфіях «Неотектоника и неогеодинамика Восточно-Европейской платформы» (2009, разам з Р. Я. Айзбергам і А. К. Карабанавым) і «Сейсмотектоника плит древних платформ в области четвертичного оледенения» (2009, разам з калектывам аўтараў)».

Многія працы Р. Г. Гарэцкага прысвечаны разломам; ён прымаў актыўны ўдзел у напісанні манаграфіі «Разломы земной коры Беларуси» (2007) пад рэдакцыяй Р. Я. Айзберга. На падставе комплексных геолага-геафізічных даследаванняў Радзім Гаўрылавіч разам з Г. І. Каратаевым вылучыў новыя тэктанічныя элементы, якія апісаны ў кнізе «Новые тектонические элементы Восточно-Европейской платформы. Концепции, методы» (2012). Геалагічная інтэрпрэтацыя геафізічных палёў з прымяненнем сучасных метадаў мадэліравання паказала, што Фенаскандынаўскі, Сармацкі і Волга-Уральскі сегменты, якія ўтвараюць Усходне-Еўрапейскі кратон, аб'яднаны элементам унікальнай структуры – Слабоцкім тэктона-геадынамічным вузлом трайнога сучлянення. Шырокі спектр асадкава-вулканагенных і інтрузіўных фармацый у зонах сучлянення сегментаў зямной кары забяспечвае іх высокі металагенічны патэнцыял, з чым звязаны і перспектывы руданоснасці Цэнтральнабеларускай шоўнай зоны і ўплыў яе на магчымую алмазаноснасць Беларусі (Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаев «Шовные зоны Фенноскандии, Сарматии и Волго-Уралии», 2014).

Пастаянная ўвага Радзіма Гаўрылавіча да аэра- і космаінфармацыі як спосабаў вывучэння геалогіі і асабліва тэктонікі таксама дала плён: пад яго кіраўніцтвам ў 1988 г. была складзена першая «Космагэктанічная карта Беларусі», маштаб 1 : 2 000 000, а ў 2012 г. – новая аднайменная карта, маштаб 1 : 500 000.

Навукова-арганізацыйная дзейнасць Р. Г. Гарэцкага як віцэ-прэзідэнта Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі прыпала на 1992–1997 гг. У гэты час развалу адзінай навуковай прасторы пасля распаду СССР і станаўлення незалежнай дзяржавы – Рэспублікі Беларусь, Радзім Гаўрылавіч разам

з іншымі кіраўнікамі акадэміі рабіў усё магчымае для захавання кадраў вучоных і навуковых школ, далейшага развіцця беларускай навукі. Дзякуючы энергічным намаганням Р. Г. Гарэцкага ў Беларускім дзяржаўным універсітэце пасля 30-гадовага перапынку пачалася падрыхтоўка геолагаў. Вучоны арганізаваў кафедру дынамічнай геалогіі і ў 1995–1997 гг. быў яе загадчыкам, чытаў лекцыі па агульнай геатэктоніцы і па праблемах асадкавых адкладаў Беларусі.

Пры рэарганізацыі НАН Беларусі, якая інтэнсіўна ішла ў 2004–2008 гг. і прывяла да закрыцця адзінай у Беларусі акадэмічнай геалагічнай установы – Інстытута геахіміі і геафізікі, Р. Г. Гарэцкі і яго паплечнікі па акадэміі намагаліся пераканаць кіраўніцтва ў неабходнасці захавання ў складзе НАН Беларусі інстытута і развіцця фундаментальных даследаванняў у галіне геалагічных навук для забеспячэння развіцця мінеральна-сыравіннай базы нашай краіны і яе рацыянальнага выкарыстання. Глыбокі аналіз стану геалогіі ў краіне зроблены Радзімам Гаўрылавічам у праграмным артыкуле «Проблемы геологического изучения недр Беларуси» (Літасфера, 2010, № 1(39)).

Шмат увагі Радзім Гаўрылавіч заўсёды надаваў рэдактарскай дзейнасці. Ён з'яўляўся членам рэдкалегіі часопіса РАН «Геотектоника», рэдакцыйнага савета міжнароднага часопіса «Геофизический журнал» і рэдкалегіі «Геологічнога журналу» (Украіна) і іншых замежных выданняў. Як член рэдкалегіі Радзім Гаўрылавіч удзельнічаў у падрыхтоўцы «Энцыклапедыі прыроды Беларусі» (5 т.) і «Беларускай энцыклапедыі» (18 т.) і іншых выданняў. Р. Г. Гарэцкі – стваральнік і галоўны рэдактар (1994–2010, зараз – член рэдкалегіі) адзінага ў Беларусі навуковага геалагічнага часопіса «Літасфера», у якім на беларускай, рускай і ангельскай мовах друкуюцца артыкулы па фундаментальных і прыкладных праблемах геалогіі, геафізікі, геахіміі, аб карысных выкапнях і іншая інфармацыя. Пад рэдакцыяй Радзіма Гаўрылавіча і пры яго сумесным з іншымі вучонымі рэдагаванні выйшла з друку 140 найменняў навуковых выданняў.

Акадэмік Р. Г. Гарэцкі – выдатны вучоны шмат у якіх галінах геалогіі. Ён з'яўляецца аўтарам і суаўтарам 45 манаграфій і асобных выданняў, удзельнічаў у складанні, рэдагаванні і выданні 50 карт геалагічнага зместу, яго аўтарства пазначана ў больш як 500 навуковых артыкулах.

У Радзіма Гаўрылавіча многа вучняў: больш за 30 геолагаў і геафізікаў пад яго кіраўніцтвам ці пры яго кансультацыі абаранілі кандыдацкія і доктарскія дысертацыі. Ён быў апанентам амаль па 50 дысертацыях, больш за 20 з іх – доктарскія. Многа гадоў Р. Г. Гарэцкі ўзначальваў Вучоны савет па абароне кандыдацкіх і доктарскіх дысертацый па спецыяльнасцях «рэгіянальная геалогія», «геатэктоніка», «геахімія», «літалогія», «геалогія нафты і газу».

У дзейнасці Радзіма Гаўрылавіча Гарэцкага прыкметнае месца займае папулярызацыя геалагічных ведаў. Вучоны з'яўляцца аўтарам шматлікіх брашур, артыкулаў, нарысаў і лекцый, сярод якіх ёсць прысвечаныя гісторыі геалогіі і асобным выдатным дзеячам навук аб Зямлі. Пра свайго навуковага настаўніка Разім Гаўрылавіч напісаў кнігу «Академик Яншин – дорогой мой учитель и друг» (2005).

За поспехі ў развіцці геалагічнай навукі Р. Г. Гарэцкі узнагароджаны ордэнам Працоўнага Чырвонага сцяга, Ганаровымі граматамі Вярхоўнага Савета БССР і Прэзідыума НАН Беларусі, Залатым медалём НАН Беларусі, мае дыпломы Гонару, Залаты і іншыя медалі ВДНХ СССР і шмат іншых узнагарод.

Асаблівае месца ў жыцці Радзіма Гаўрылавіча Гарэцкага займаюць праблемы адраджэння беларускай культуры і мовы, незалежнасці нашай краіны, прысутнасці беларусаў у свеце. Тым самым ён працягвае традыцыі выдатных вучоных і асветнікаў Гарэцкіх: бацькі Гаўрылы і дзядзькі Максіма. З 1990 г. Радзім Гаўрылавіч – сябра Рады, а ў 1993–2001 гг. – прэзідэнт Згуртавання беларусаў свету «Бацькаўшчына», адзін з арганізатараў шасці з'ездаў беларусаў свету, сябра Рады Таварыства беларускай мовы і Беларусскай інтэлігенцыі, Беларускага фонду культуры і іншых арганізацый, натхняльнік і арганізатар штогадовых «Чытанняў братоў Гарэцкіх. Р. Г. Гарэцкі выступае як прафесійны пісьменнік (ён сябра пісьменніцкай арганізацыі з 2004 г). Яго пяру належаць кнігі пра трагічны лёс бацькі і дзяцькі: «Ахвярую сваім "Я"» (1998); «Браты Гарэцкія» (2008); «Лісты жыцця і кахання» (2013). Ён з'яўляецца ўкладальнікам і аўтарам некалькіх асобных кніг пра Г. І. Гарэцкага: «Акадэмік Гаўрыла Гарэцкі. Успаміны, артыкулы, дакументы. Да 100-годдзя з дня нараджэння» (2000), «Гаўрыла Гарэцкі. Выбранае (2002), «Гавриил Иванович Горецкий» (2012; у суаўтарстве) і інш. Пісьменніку Р. Г. Гарэцкаму належыць вынаходніцтва арыгінальнага жанру мастацкай літаратуры, які звязаны з геалогіяй і называецца «жыццёвы меланж». У гэтым жанры вышлі дзве кнігі – «Жыццёвы меланж» (2013) і «Апантаны Бацькаўшчынай. Жыццёвы меланж-2» (2018). Як і стракатая горная парода меланж, народжаная ў стрэсавых сітуацыях пры зрухах зямной кары па разломах, так і жыццёвы меланж узнікае пры ўздзеянні чалавека на чалавека, адной супольнасці людзей на другую,

краіны на краіну, прыродных феноменаў і іншых з'яў на жыццё людзей. Гэты жанр як найлепш падыходзіць для апісаных у кнігах падзеях апошніх трох дзесяцігоддзяў у Беларусі. Позірк на гэтыя падзеі нашага знакамітага суайчынніка, вучонага, інтэлігента, Чалавека высокай духоўнасці, адданага Бацькаўшчыне, – невычэрпная крыніца натхнення, веры і надзеі на шчаслівую будучыню Беларусі.

Р. Г. Гарэцкі да гэтага часу плённа працуе галоўным навуковым супрацоўнікам у лабараторыі геатэктонікі і геафізікі Інстытута прыродакарыстання Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Захопленасць навукай, арганізацыйны талент і высокія чалавечыя якасці прыцягваюць да Радзіма Гаўрылавіча ўсіх, хто яго ведае і працуе разам з ім. Радзіму Гаўрылавічу ўласцівы інтэлігентнасць, аптымізм і добразычлівасць, дэмакратызм, увага да калег, здольнасць бачыць галоўнае ў складаных праблемах. Р. Г. Гарэцкі – выдатны вучоны і грамадскі дзеяч. Ён актыўна працуе на карысць роднай краіны, працягвае і развівае лепшыя традыцыі беларускай навукі і грамадскай думкі.

Калегі, паплечнікі і сябры шчыра віншуюць шаноўнага Радзіма Гаўрылавіча Гарэцкага з юбілеем і на многія гады зычаць яму моцнага духу, добрага здароўя, шчасця і радасці ад сваёй вялікай і плённай працы на карысць Бацькаўшчыны!

А. К. Карабанаў, Р. Я. Айзберг, А. В. Мацвееў,
А. А. Махнач, А. В. Кудзельскі, Г. І. Каратаеў,
Я. Г. Грыбік, М. А. Нагорны, Т. В. Якубоўская

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала **«Природопользование»** просит авторов руководствоваться приведенными ниже правилами.

I. Статьи о результатах работ, проведенных в научных учреждениях, должны иметь разрешение на опубликование (сопроводительное письмо ректората или дирекции соответствующего института либо выписку из протокола заседания ученого совета, отдела или кафедры, а также акт экспертизы).

II. Статья предоставляется в редакцию на белорусском или русском языках; шрифт – Arial, кегль – 10 (в том числе в формулах); межстрочный интервал – одинарный. Занумерованные формулы выключаются в отдельную строку. В тексте не допускаются рукописные вставки и вклейки. Статья должна быть подписана всеми авторами.

III. Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);

инициалы и фамилии авторов;

название статьи;

полное наименование учреждений, где работают авторы, с указанием города и страны, адрес электронной почты каждого автора.

2. Аннотация (авторское резюме) объемом 150–250 слов должна кратко представлять результаты работы и быть понятной, в том числе и в отрыве от основного текста статьи; должна быть информативной, хорошо структурированной (один из вариантов написания аннотации – краткое повторение структуры статьи, включающее введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение или выводы).

3. Ключевые слова – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования; рекомендуемое количество ключевых слов 5–10.

4. Затем метатекстовые данные (все то, что предшествует основному тексту статьи) приводятся на английском языке, причем аннотация должна быть оригинальной (т. е. не являться дословным переводом русскоязычной аннотации). Если статья англоязычная – вышеуказанные данные приводятся на русском (белорусском) языке.

5. Основной текст статьи должен составлять 10–16 с. (т. е. около 40 тыс. знаков); в этот объем также входят таблицы и рисунки, число которых не должно превышать 10. Изложенный материал должен быть четко структурированным: введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). В русско- и белорусскоязычных статьях рекомендуется делать подрисуночные подписи и надписи на самих иллюстрациях на двух языках – *русском (белорусском)* и *английском*.

6. Список использованной литературы (не более 40 ссылок) оформляется в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (ГОСТ 7.1-2003). Цитированная литература приводится общим списком по мере упоминания, ссылки в тексте даются порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1]); ссылки на неопубликованные работы не допускаются).

7. Затем приводится список цитированных источников в романском алфавите («References») со следующей структурой: авторы (транслитерация), название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация) [перевод названия источника на английский язык – парафраз (для журналов можно не делать)], выходные данные с обозначениями на английском языке.

7. Если присутствует информация о финансировании (поддержке грантами проектов и т. п.), ее следует давать на русском (белорусском) и английском языках под заголовками «Благодарности» («Падзяка»),«Acknowledgements».

IV. Для подготовки метаданных (так называемый информационный лист) на отдельной странице следует указать на русском и английском языках для каждого автора: фамилию, имя и отчество (полностью), звание, должность, место работы с указанием адреса, контактную информацию (e-mail, телефоны).

V. Электронный вариант статьи предоставляется на диске, флэшке или присылается по электронной почте в редакцию журнала – eco@ecology.basnet.by. Текст должен быть набран в Word под Windows, формулы – в редакторе MathType.

Правила оформления статьи:

параметры страницы – формат А4;

поля – верхнее и нижнее по 2,5 см, левое и правое по 2 см **(страницы не нумеровать!)**;

текст набирается шрифтом Arial, кегль 10;

межстрочный интервал – одинарный;

абзацный отступ – 10 мм.

Собственным редактором формул версий Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, так как в редакционно-издательском процессе он не поддерживается. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (C^2, C_4) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы необходимо набирать курсивом, греческие – прямо (для набора греческих символов следует пользоваться гарнитурой Symbol). Обозначения математических функций (lim, sup, ln, sin, Re, Im и т. п.), символы химических элементов (N, C1) также набираются прямым шрифтом.

VI. Черно-белые и цветные рисунки вставляются в текст статьи (Word) после первого упоминания о них, а также даются в виде отдельных файлов в формате tif (600 точек на дюйм. Фотографии, помещаемые в статье, должны иметь контрастное черно-белое или цветное изображение. Желательно предоставлять иллюстрации в формате оригинала (Corel, диаграммы в Excel и т. д.), т. е. в той программе, в которой они выполнены. Текст на рисунках набирается основной гарнитурой, причем начертание символов (греческое, латинское) должно соответствовать их начертанию в тексте. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно 9 пунктов). На обороте рисунков (если они даются отдельно) указываются фамилии авторов, название статьи. Фотографии предоставляются в виде файлов (tif, jpg, png, eps) и в распечатанном виде. **Таблицы** должны иметь названия на русском и английском языках и располагаться непосредственно по тексту. Не рекомендуется выполнять горизонтальные таблицы. Следует **различать дефис «-» и тире** «–». От текста тире отделяется единичными пробелами, исключение тире между цифрами и числами.

VII. Поступившая в редакцию статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. Если по рекомендации рецензента статья возвращается автору на доработку, то переработанная рукопись вновь рассматривается редколлегией. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

Материалы для публикации следует направлять по адресу: ул. Ф. Скорины, 10, к. 202, редакция журнала «Природопользование», 220114, г. Минск, Республика Беларусь, либо по электронной почте: eco@ecology.basnet.by. Тел. для справок: +375 17 268 84 55.

Научное издание
Scientific publication

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
NATURE MANAGEMENT

№ 2, 2018

Редактор **Н. Т. Гавриленко**
Editor ***N. T. Gavrilenko***

Компьютерная верстка **Т. Н. Козловская**
Computer page making ***T. N. Kozlovskaya***

Переводчик **М. Ю. Артюшевская**
Translater ***M. U. Artushevskaya***

Подписано в печать 12.02.19.
Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 19,06.
Уч.-изд. л. 17,1.
Тираж 120 экз.
Заказ №

Signed into print 12.02.2019.
60×90/8 format. Office paper.
Arial garniture. Digital print.
Conditional printed sheets 19.06.
Conditional edited sheets 17.1.
Circulation 120 copies.
Order No.

Полиграфическое исполнение
Государственное предприятие
«СтройМедиаПроект».
Свидетельство о государственной
регистрации издателя,
изготовителя, распространителя
печатных изданий
№ 2/42 от 13.02.2014.
Ул. В. Хоружей, 13/61, 220123, г. Минск

Polygraph execution
State Enterprise
'StroiMediaProject'.
The Certificate of state registration
of the publisher, manufacturer,
distributor of
printed publications.
No. 2/42 from 13.02.2014.
13/61, V. Choruzhey Str., 220123, Minsk