



ВЕСТНИК РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДРУЖБЫ НАРОДОВ. СЕРИЯ: ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2025 Том 33 № 2

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2

<http://journals.rudn.ru/ecology>

**Научный журнал
Издается с 1993 г.**

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61176 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Главный редактор

Савенкова Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор, директор института экологии РУДН, Москва, Россия

Заместители главного редактора

Киричук Анатолий Александрович, доктор биологических наук, профессор, проректор по хозяйственной деятельности, директор департамента экологии человека и биоэлементологии института экологии РУДН, Москва, Россия

Редина Маргарита Михайловна, доктор экономических наук, профессор, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции института экологии РУДН, Москва, Россия

Ответственный секретарь редколлегии

Яценко Елена Борисовна, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе института экологии РУДН, Москва, Россия

Члены редакционной коллегии

Аньези Валерио, профессор, директор Итало-Российского экологического института, Университет Палермо, Палермо, Италия

Бобровницкий Игорь Петрович, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заместитель начальника по научной работе филиала № 2 ФГБУ «НМИЦ ВМТ им. А.А. Вишневского» Министерства обороны РФ, Красноярск, Россия

Валеева Наиля Гарифовна, кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой иностранных языков института экологии РУДН, Москва, Россия

Ванг Дели, профессор, декан школы наук об окружающей среде Северо-Восточного педагогического университета, Чанчунь, Китай

Джан Шупинь, доктор наук, профессор Шаньдунского университета, Цзинань, Китай

Розенберг Геннадий Самуилович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна, Самарский федеральный исследовательский центр, Российская академия наук, Тольятти, Россия

Савин Игорь Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик, заведующий отделением генетики, географии, классификации и цифровой картографии Почвенного института имени В.В. Докучаева, Российская академия наук, профессор департамента рационального природопользования института экологии РУДН, Москва, Россия

Садиков Владислав Александрович, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией катализаторов глубокого окисления Института катализа имени Г.К. Борескова, Сибирское отделение Российской академии наук, отдел гетерогенного катализа, Новосибирск, Россия

Скальный Анатолий Викторович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской элементологии медицинского института РУДН, Москва, Россия

Хаустов Александр Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции института экологии РУДН, Москва, Россия

Широкова Вера Александровна, доктор географических наук, профессор, заведующая отделом истории наук о Земле Института истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова, Российская академия наук, Москва, Россия

ВЕСТНИК РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДРУЖБЫ НАРОДОВ. СЕРИЯ: ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ISSN 2313-2310 (Print), ISSN 2408-8919 (Online)

Периодичность: ежеквартально

Языки публикаций: русский, английский.

Журнал индексируется в *РИНЦ, DOAJ, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, East View, Cyberleninka, Dimensions.*

Цели и тематика

Цели журнала «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности» – повышение эффективности научных исследований в области охраны окружающей среды и экологии человека и распространение современных методов исследований и новейших достижений в области рационального природопользования.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ по научным специальностям 1.5.15. Экология (биологические науки), 1.5.15. Экология (технические науки), 1.6.21. Геоэкология (географические науки), 1.6.21. Геоэкология (геолого-минералогические науки), 1.6.21. Геоэкология (технические науки).

Начиная с 1993 г. в журнале публикуются результаты фундаментальных и прикладных работ ученых, преподавателей, аспирантов в виде научных исследовательских и обзорных статей, научных сообщений по следующим направлениям: общая экология, природопользование, устойчивое развитие, экологическая безопасность, защита окружающей среды, экология человека, экологическая экспертиза, радиоэкология и радиационный контроль, оценка состояния окружающей среды и экологическое образование. К рассмотрению принимаются материалы по результатам оригинальных научных исследований представителей высших учебных заведений и научных центров России и зарубежных стран.

Кроме научных статей публикуется хроника научной жизни, включающая рецензии, обзоры, информацию о конференциях, научных проектах и т. д. Для привлечения к научным исследованиям и повышения качества квалификационных работ журнал предоставляет возможность публикации статей, написанных по материалам лучших магистерских работ.

Правила оформления статей, архив и дополнительная информация размещены на сайте: <http://journals.rudn.ru/ecology>

Редактор И.Л. Панкратова
Редактор англоязычных текстов К.Л. Уланова
Компьютерная верстка Н.А. Ясько

Адрес редакции:

Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Адрес редакционной коллегии журнала:

Российская Федерация, 113093, Москва, Подольское шоссе, д. 8, корп. 5
Тел.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: ecoj@rudn.ru

Подписано в печать 28.05.2025. Выход в свет 30.05.2025. Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 11,2. Тираж 500 экз. Заказ № 769. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН
Российская Федерация, 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3
Тел.: +7 (495) 955-08-61; e-mail: publishing@rudn.ru

© Российский университет дружбы народов, 2025



RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY

2025 VOLUME 33 NO. 2

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2

<http://journals.rudn.ru/ecology>

Founded in 1993

Founder: Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba

Editor-in-Chief

Elena V. Savenkova, Dr. of Sciences in Economics, Professor, Director of the Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia

Deputy Editors-in-Chief

Anatoly A. Kirichuk, Dr. of Sciences in Biology, Docent, Vice-Rector for Economic Activity, Director of the Department of Human Ecology and Bioelementology, RUDN University, Moscow, Russia

Margarita M. Redina, Doctor of Sciences in Economics, Docent, Professor of the Department of Environmental Security and Product Quality Management, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia

Executive Secretary

Elena B. Yatsenko, Cand. of Technical Sciences, Deputy Director on Scientific Work, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia

Editorial Board

Valerio Agnesi, Professor, Director of the Italian-Russian Ecological University, Professor at University of Palermo, Palermo, Italy

Igor P. Bobrovnikskii, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Dr. of Science in Medicine, Professor, Deputy Head on Scientific Work in Branch No. 2 "National Medical Research Center for High Medical Technologies — A.A. Vishnevsky Central Military Clinical Hospital" of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk, Russia

Nailya G. Valeeva, Cand. of Pedagogical Sciences, Docent, Head of the Department of Foreign Languages, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia

Deli Wang, Ph.D., Professor, Dean of the School of Life Science, Northeast Normal University, Changchun, China

Shuping Zhang, Ph.D., Professor, Shandong University, Jinan, China

Gennadiy S. Rozenberg, Dr of Biological Sciences, Professor, Chief Scientist of the Institute of Ecology of Volga River Basin, — branch of Samara Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Ecosystem Modeling, Tolyatti, Russia

Igor Yu. Savin, Dr of Science in Agriculture, Professor, Academic, Head of the Department of Genesis, Geography, Classification and Digital Cartography of Soils, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Russian Academy of Sciences, Professor of the Department of Environmental Management, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia

Vladislav A. Sadykov, Dr. of Science in Chemistry, Professor, Head of the Laboratory of Deep Oxidation Catalysts, Boreskov Institute of Catalysis, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Anatoly V. Skalny, Doctor of Science Medicine, Professor, Head of the Department of Medical Elementology, Institute of Medicine, RUDN University, Moscow, Russia

Aleksandr P. Khaustov, Dr. of Science in Geology, Professor, Leading Specialist at Institute of Environmental Engineering, RUDN University, Moscow, Russia

Vera A. Shirokova, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of the Department of the History of Earth Sciences, S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

RUDN JOURNAL OF ECOLOGY AND LIFE SAFETY
Published by the Peoples' Friendship University of Russia
named after Patrice Lumumba (RUDN University)

ISSN 2313-2310 (Print), ISSN 2408-8919 (Online)

Frequency: Quarterly

Publication languages: Russian, English

The Journal is indexed: *Russian Index of Science Citation, DOAJ, Google Scholar, Ulrich's Periodicals Directory, WorldCat, East View Cyberleninka, Dimensions.*

Aims and Scope

An efficiency increase in the field of environmental protection and scientific research of human ecology, as well as the spread of modern methods of research and the latest achievements in the field of environmental management are the aims of RUDN Journal of Ecology and Life Safety. Since 1993, the journal has published the results of fundamental and applied works of scientists, teachers, postgraduates in the form of scientific research and review articles, scientific reports in the following areas: general ecology, nature management, sustainable development, environmental safety, environmental protection, human ecology, environmental expertise, radioecology and radiation control, environmental assessment environment and environmental education. Materials based on the results of original scientific research of representatives of higher educational institutions and scientific centers of Russia and foreign countries are accepted for consideration.

In addition to scientific articles, a chronicle of scientific life is published, including reviews, reviews, information about conferences, scientific projects, etc. To attract to scientific research and improve the quality of qualifying papers, the journal provides the opportunity to publish articles written based on the materials of the best master's papers.

Chronicle of scientific events, including reviews, information about conferences, research projects, etc. are published in addition to scientific articles.

Journal allows publication of articles based on the best master's thesis for the purpose of intensification of research activity and improving the quality of qualification works.

Author guidelines, archive and other information are available on the website: <http://journals.rudn.ru/ecology>

Copy Editor I.L. Pankratova
English Text Editor K.L. Ulanova
Layout Designer N.A. Yasko

Address of the editorial office:

3 Ordzhonikidze St, Moscow, 115419, Russian Federation
Tel.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Address of the editorial board of the journal:

8 Podolskoye Shosse, bldg 5, Moscow, 113093, Russian Federation
Tel.: +7 (495) 952-70-28; e-mail: ecoj@rudn.ru

Printing run 500 copies. Open price.

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House
3 Ordzhonikidze St, Moscow, 115419, Russian Federation
Tel.: +7 (495) 955-08-61; e-mail: publishing@rudn.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

- Попова Ю.С., Комарова Т.В.** Трансформация землепользования и баланс углерода в биомассах Бразилии 109

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Алибеков С.Я., Кутонова Е.В., Севрюгин В.А.** Исследования сорбционных свойств углеродных волокнистых материалов 120
- Савенкова Е.В., Куш И.А., Сухецкий Д.В., Цибарева Д.О.** Особенности валидации климатических проектов, верификации результатов их реализации и изменения требований к органам по валидации и верификации парниковых газов 132
- Миронова О.А., Киричук А.А., Кармазин А.П., Миронова Л.П.** Влияние биоутилизации на показатели качества и безопасности лузги подсолнечника 145

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

- Киричук А.А., Максимов Д.М., Башкирева Т.В.** Тип темперамента как фактор временной адаптации спортсменов высших достижений при трансмеридиональных перемещениях в иные экологические условия 155

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Плотникова К.А., Кириллов С.Н.** Обеспеченность функциональных зон города Воронежа зелеными насаждениями 167
- Румянцев И.С., Губайдуллин М.Г.** Анализ геоэкологических факторов, влияющих на выбор варианта освоения Кумжинского газоконденсатного месторождения 177
- Чередова Т.В., Чудинова О.Н.** Химический и минеральный состав снежного покрова на площадках снегонакопления города Улан-Удэ 189
- Лескова О.А., Бондаревич Е.А., Коцюжинская Н.Н., Лесков А.П.** Накопление и распределение химических элементов в растениях *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg Забайкальского края 204
- Гаева Е.В.** Комплексная геоэкологическая оценка буровых шламов и подходы к их утилизации 219

CONTENTS

ECOLOGY

Popova Yu.S., Komarova T.V. Land-use transformation and carbon balance in Brazil's biomes	109
--	-----

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Alibekov S.Ya., Kutonova E.V., Sevryugin V.A. Study of sorption properties of carbon fiber materials	120
Savenkova E.V., Kushch I.A., Sukhetsky D.V., Tsibareva D.O. Peculiarities of validation of climate projects, verification of their implementation results and changes in requirements for greenhouse gas validation and verification bodies	132
Mironova O.A., Kirichuk A.A., Karmazin A.P., Mironova L.P. Influence of bioutilization on quality and safety indicators of sunflower husk	145

HUMAN ECOLOGY

Kirichuk A.A., Maksimov D.M., Bashkireva T.V. Type of temperament as a factor of temporary adaptation of athletes of the highest achievements during trans-meridional movements to other environmental conditions	155
--	-----

GEOECOLOGY

Plotnikova K.A., Kirillov S.N. Provision of green areas in functional zones of Voronezh city	167
Rumyantsev I.S., Gubaidullin M.G. Analysis of geo-ecological factors influencing the choice of development option for the Kumzhinskoye gas condensate field	177
Cheredova T.V., Chudinova O.N. Chemical and mineral composition of snow cover at snow waste accumulation sites in Ulan-Ude	189
Leskova O.A., Bondarevich E.A., Kotsyurzhinskaya N.N., Leskov A.P. Accumulation and distribution of chemical elements in <i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. plants. Wigg of the Transbaikal region	204
Gaevaya E.V. Integrated geo-ecological assessment of drill cuttings and approaches to their disposal	219



ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-109-119

EDN: DZGUJT

УДК 332.36:502

Научная статья / Research article

Трансформация землепользования
и баланс углерода в биомех БразилииЮ.С. Попова^{ID}✉, Т.В. Комарова^{ID}

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
Российская Федерация
✉popovays@my.msu.ru

Аннотация. Проведен обзор типов наземного покрова и анализ трансформации землепользования в биомех Бразилии за последние 30 лет. Проанализированы данные по углеродному балансу в связи с изменениями наземного покрова. Общая площадь трансформированных земель Бразилии составила более 100 млн га за последние 30 лет. Наибольшие изменения претерпели биомех Амазония, Серрадо, Мата Атлантика и Каатинга. Одна из основных причин трансформации – это расширение сельскохозяйственных земель за счет сокращения лесов. Так, общая доля земель страны, подвергшихся обезлесению, составляет 72 %. Трансформация наземного покрова, имеющая антропогенные причины, влияет на содержание углерода в биомассе. Запасы углерода на примере некоторых биомех Бразилии отрицательные. Наиболее низкий показатель в Каатинге – 43,8 CO₂ Е/год. Основу анализа составили открытые пространственные, статистические данные и международные научные публикации. Цель исследования – изучение трансформации землепользования в некоторых биомех Бразилии и баланса углерода в их экосистемах.

Ключевые слова: геоэкология, лесные ландшафты, сельское хозяйство, наземный покров, потоки углерода

Финансирование. Исследование выполнено в рамках темы государственного задания географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова № 121040100322-8.

© Попова Ю.С., Комарова Т.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

«Анализ региональных геоэкологических проблем в условиях глобальных изменений окружающей среды».

Вклад авторов. *Попова Ю.С.* – концептуализация, формулирование идеи, формулирование исследовательских целей и задач, разработка методологии исследования, визуализация данных, написание – подготовка черновика рукописи; *Комарова Т.В.* – деятельность по аккумулированию исследовательских данных как для первоначального использования, так и для последующего повторного использования, редактирование рукописи. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 12.01.2025; доработана после рецензирования 06.02.2025; принята к публикации 26.02.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Попова Ю.С., Комарова Т.В.* Трансформация землепользования и баланс углерода в биомех Бразилии // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 109–119. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-109-119>

Land-use transformation and carbon balance in Brazil's biomes

Yulia S. Popova^{ID}✉, Tatiana V. Komarova^{ID}

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

✉popovays@my.msu.ru

Abstract. The study reviews the types of land cover and analyzes the transformation of land use in Brazilian biomes over the past 30 years. Carbon balance data in connection with changes in land cover are analyzed. The total area of Brazil's transformed lands has been counted more than 100 million hectares over the past 30 years. The biomes of Amazonia, Cerrado, Mata Atlantica and Caatinga have undergone the greatest changes. One of the main reasons for the transformation is the expansion of agricultural land through deforestation. Thus, the total proportion of the country's lands subjected to deforestation is 72%. Anthropogenic land cover transformation affects the carbon content in the biomass. Carbon stocks in case of some biomes of Brazil are negative. The lowest rate in Caatinga is – 43.8 CO₂ E/year. The analysis was based on open spatial, statistical data and international scientific publications. The aim of the research is to study land use transformation in some Brazilian biomes and carbon balance in their ecosystems.

Keywords: agriculture, carbon fluxes, geoecology, forest landscapes, land cover

Funding. The research was carried out within the framework of the theme of the state assignment of the Faculty of Geography of Lomonosov Moscow State University No. 121040100322-8. 'Analysing regional geo-ecological problems in the context of global environmental change'.

Authors' contribution. *Popova Yu.S.* – conceptualization, ideas, formulation or evolution of overarching research goals and aims, development or design of methodology, specifically visualization, specifically writing the initial draft; *Komarova T.V.* – management

activities to accumulate research data for initial use and later re-use, editing of the published work. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 12.01.2025; revised 06.02.2025; accepted 26.02.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Popova YuS, Komarova TV. Land-use transformation and carbon balance in Brazil's biomes. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):109–119. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-109-119>

Введение

Бразилия – крупнейшая страна Латинской Америки по численности населения (216 422,4 тыс. чел.) и площади суши (8510,3 тыс. км²)¹. Она обладает ведущей экономикой в регионе и является членом многих международных организаций. За последние два десятилетия Бразилия добилась значительного прогресса в области своего развития. Первоочередные и долгосрочные сценарии устойчивого развития страны разрабатываются с учетом, в первую очередь, повышения человеческого потенциала, улучшения управления, увеличения объемов торговли и инвестиций [1]. Вопросы охраны окружающей среды и контроля деградации земель пока являются второстепенными. В Бразилии расположено 5,3 млн км² влажных экваториальных и субэкваториальных лесов (биомы Амазонии и Мата Атлантики) и 3,2 млн км² сухих тропических лесов, саванн, лугопастбищных и водно-болотных угодий (биомы Каатинга, Серрадо, Пантанал и Пампа), что составляет значительную долю площади этих биомов. Саванны Серрадо и сухие леса Каатинги занимают площадь более 2,7 млн км² [2].

За последние три столетия изменения в природной среде, вызванные деятельностью человека в результате землепользования и изменений наземного покрова, усилились особенно во второй половине XX в. Трансформация землепользования по причине обезлесения и развития сельского хозяйства является ключевым фактором изменения климата и вносит значительный вклад в выбросы парниковых газов (ПГ). Производство продовольствия и связанные с ним изменения в землепользовании также являются причиной значительной доли антропогенных выбросов ПГ. Прямые выбросы углерода, непосредственно вызванные изменениями землепользования за период 1992–2015 гг., составили 26,5 Пг (1,15 Пг/год) с тенденцией к снижению до 0,15 Пг/год [3].

В Бразилии, имеющей крупный сельскохозяйственный сектор, прямые источники выбросов ПГ и косвенные (выбросы углерода по причине обезлесения и других форм изменения землепользования) составляют большую часть всех выбросов. Для обеспечения продовольственной безопасности страны при снижении воздействия сельского хозяйства на окружающую среду необходимо внедрять новые стратегии и технологии, которые, с одной

¹ Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/brazilia-e3108d> (дата обращения: 09.03.2024).

стороны, повысят урожайность сельского хозяйства, а с другой – сократят выбросы ПГ [4; 5].

Бразилия – крупнейший в мире источник чистых выбросов углерода – 17–29 % от общемирового объема [6]. В 2019 г. выбросы составили 2,18 Пг, что на 9,5 % больше, чем в 2018 г., в основном из-за обезлесения и изменений в землепользовании. Высокие требования предъявляются к достижению сокращения выбросов на 43 % к 2030 г. (по сравнению с выбросами 2005 г.). Для достижения этих целей планируется восстановить 12 млн га леса к 2030 г. На 26-й Конференции ООН по изменению климата Бразилия подписала соглашение об остановке процессов обезлесения и деградации земель к 2030 г. [2].

Изменения в землепользовании Бразилии характеризуются быстрым расширением сельскохозяйственных площадей и городских районов за счет лесов и естественных пастбищ. Эти изменения могут способствовать увеличению выбросов углекислого газа, снижению способности связывать углерод и усугублять последствия изменения климата. По оценкам исследователей, на Бразилию приходится 35 % общего объема выбросов углерода в тропических лесах, из них 52 % – на сокращение лесов и естественных пастбищ [7].

В Бразилии наибольшая трансформация землепользования произошла в Амазонии и Серрадо. Одновременно в биомах Мата Атлантика, Каатинга и Пампа отмечены существенные изменения наземного покрова. Преобразования в Бразилии, в основном связанные с развитием сельского и лесного хозяйства, требуют разработки действий в области агроэкологической устойчивости. Нацеленность на повышение устойчивости сельских ландшафтов, сохранение экосистем и в то же время удовлетворение спроса на продовольствие, энергию, воду, сырье и другие товары и услуги формируют потребность к исследованиям динамики и функций экосистем и ландшафтов [8].

Материалы и методы

Анализ наземного покрова, трансформации землепользования основан на использовании пространственных баз данных продуктов The MODIS Terra+Aqua Combined Land Cover product (MODIS)², Глобальной базы по мониторингу лесов Global Forest Watch (GFW)³, картографических данных по Бразилии – MapBiomas⁴, спутниковых данных Sentinel для составления карт растительного покрова по всему миру ESA WorldCover⁵, статистической

² MODIS Land Cover Type/Dynamics. URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod12.php> (accessed: 13.03.2024).

³ Global Forest Watch (GFW). URL: <https://data.globalforestwatch.org/> (accessed: 13.03.2024).

⁴ MapBiomas General “Handbook”. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Collection 8. Version 1. August, 2023 // MapBiomas, 2023. URL: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/ATBD-Collection-8-v1.1.docx.pdf> (accessed: 13.03.2024).

⁵ Worldwide land cover mapping // WorldCover. URL: <https://esa-worldcover.org/en>; Climate Change Initiative Land Cover, CCI-LC // ESA. URL: <https://esa-landcover-cci.org/> (accessed: 13.03.2024).

информации Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций FAO (Faostat)⁶, Экономической комиссии для Латинской Америки и Карибского бассейна (ECLAC) – CEPALSTAT⁷, а также научных публикаций (особенно в отношении исследований баланса углерода в биомах Бразилии).

Результаты и обсуждение

Трансформация землепользования

Изменение землепользования и наземного покрова в Бразилии мозаично. Исторически освоение территории было ориентировано на разные потребности времени: горная добыча, вырубка леса ради ценных пород деревьев и топлива, развитие сельского хозяйства для решения продовольственной проблемы. В настоящее время в стране землепользование сфокусировано в основном на сельском хозяйстве (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика наземного покрова и землепользования биомов Бразилии

Биом	Площадь, млн га (доля от площади страны %)	Наземный покров	Преобладающий тип землепользования
Амазония	419 (49,29 %)	Вечнозеленый лес с вкраплением саванн на юге, естественными лугопастбишными угодьями и обширными водно-болотными угодьями (20 % биома подверглось обезлесению)	Скотоводство (КРС), земледелие, добыча полезных ископаемых, лесозаготовка и недревесное лесное хозяйство
Мата Атлантика	111 (13,04 %)	Фрагментарность леса, покрывающего 7–10 % биома (в основном вторичные заросли, окруженные пашнями, пастбищами, лесопосадками, городской и транспортной инфраструктурой)	Земледелие, скотоводство (КРС), городская застройка, лесопосадки
Каатинга	84 (9,92 %)	Сухие леса (на 50 % от первоначальной площади трансформированные)	Земледелие, скотоводство (КРС и овцеводство), недревесное лесоводство и урбанизация
Серрадо	203 (23,92 %)	Мозаика саванн, лугов и лесов (50 % коренной растительности преобразована)	Земледелие, скотоводство (КРС) и лесозаготовки для добычи угля
Пампа	17 (2,07 %)	Естественные пастбища с разбросанными кустарниками и деревьями, скальными выступами	Земледелие, скотоводство (КРС) (на естественных пастбищах), лесонасаждения и урбанизация
Пантанал	17 (1,76 %)	Водно-болотные угодья	Земледелие и скотоводство (КРС)

Источник: составлено Ю.С. Поповой, Т.В. Комаровой по данным Mapbiomas. URL: <https://brasil.mapbiomas.org/en/> (accessed: 11.10.2024).

Переход от лесов к пастбищам является доминирующим процессом на границе биома Амазонии, в то время как в центральных районах Бразилии он

⁶ FAOSTAT. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/faostat/> (accessed: 12.03.2024).

⁷ CEPALSTAT. Statistical Databases and Publications. URL: <https://statistics.cepal.org/> (accessed: 11.03.2024).

в основном характеризуется расширением посевов сои на месте пастбищ. Динамика площадей водно-болотных угодий и лугопастбищных угодий в Пантанале определяется межгодовой изменчивостью осадков. В биомех Мата Атлантика и Амазония намечены процессы лесовосстановления на месте пашен [5; 9]. Однако нет достоверных количественных значений по Бразилии о переходах одного типа наземного покрова в другой и недостаточно данных о динамике землепользования. Его анализ на примере площадей пастбищ по пространственным данным демонстрирует заметные различия в значениях площадей (табл. 2).

Таблица 2. Площадь пастбищ Бразилии по пространственным данным за 2020 г.

Тип данных	Площадь пастбищ, млн га
Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS	186,8
WorldCover	183,8
Faostat	173,4

Источник: составлено Ю.С. Поповой, Т.В. Комаровой с помощью пространственных данных: MODIS. URL: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/> (accessed: 11.10.2024); Worldcover. URL: <https://esa-worldcover.org/en>, (accessed: 11.10.2024); Faostat. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed: 11.10.2024).

Площадь пастбищ в Бразилии стремительно увеличивалась к 2005 г., а в последующие годы постепенно начала замещаться пашней, преимущественно с посевами сои, а на месте влажных экваториальных лесов – плантациями, занятыми масличной пальмой. Чистая площадь пастбищ увеличилась только в Амазонии и Пантанале, сократившись в других биомех из-за преобразования пастбищных угодий в интенсивное земледелие. В 2020 г. 48 % земель в Бразилии были заняты под пастбища, 25 % – под пашни (9 % – под выращивание сои и 16 % – под другие сельскохозяйственные культуры). Процесс обезлесения, вызванный распространением пастбищ, сохраняется в большинстве биомех. На первичное и вторичное обезлесение растительности приходится значительная часть общей потери лесов – 72 и 17 % соответственно. Более низкие темпы обезлесения зафиксированы в биоме Мата Атлантика, на который с 1986 г. оказывает значительное влияние антропогенная деятельность. При этом в данном биоме сохранилось только 8 % лесных экосистем [5; 9].

Очевидно, что сокращение лесопокрытых площадей происходит за счет расширения сельскохозяйственных земель: пастбищ и пашен (рис. 1). Амазония и Серрадо в совокупности потеряли примерно 15 690 км² леса в период с 2010 по 2020 г. [6]. Биом Серрадо, представленный саваннами, расположен на востоке Бразилии. Он занимает площадь в 204 млн га. По оценкам исследователей, около 46 % естественной растительности находится в нетронутом состоянии. Пастбища занимают 25,13 % от площади Серрадо, однолетние и многолетние культуры (в основном соя, кукуруза, хлопок) – 12,85 % [10]. Этот биом в настоящее время является главным сельскохозяйственным районом Бразилии.

Антропогенная трансформация в биомсах Бразилии за период с 2000 по 2018 г. увеличивалась и составляет от 82,2 % (в Мата Атлантика) до 11,6 % (в Пантанал) от площади биомов (рис. 2).

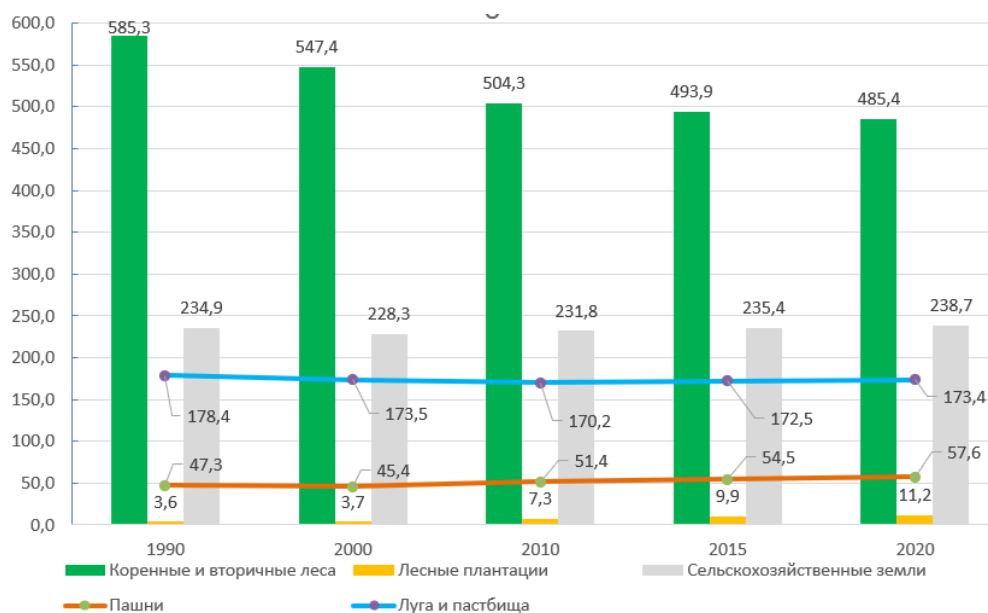


Рис. 1. Соотношение лесопокрываемых и сельскохозяйственных площадей, млн га

Источник: составлено Ю.С. Поповой, Т.В. Комаровой по данным: CEPAL.

URL: <https://www.cepal.org/en> (accessed: 11.10.2024).

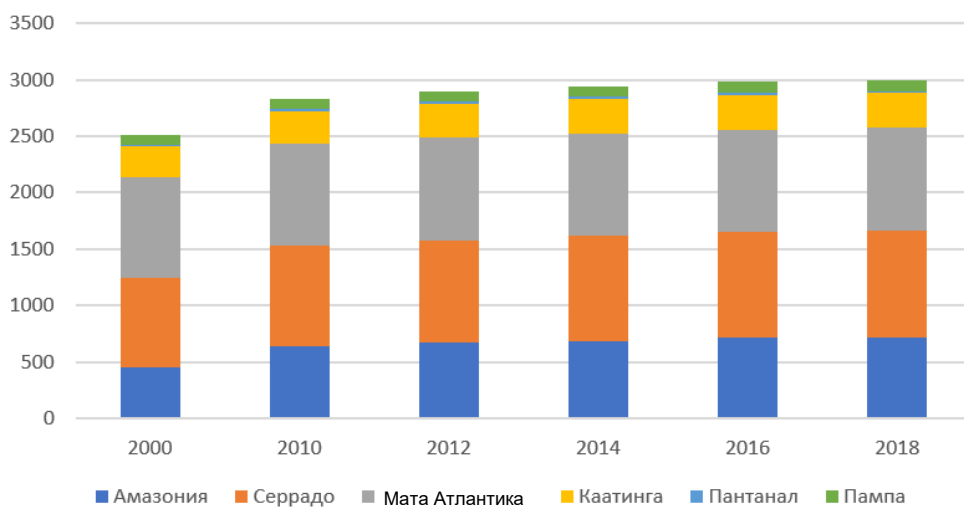


Рис. 2. Антропогенная трансформация в биомсах Бразилии в период 2000–2018 гг., млн га

Источник: составлено Ю.С. Поповой, Т.В. Комаровой по данным: MapBiomas. URL:

<https://brasil.mapbiomas.org/en/> (accessed: 11.10.2024).

Углеродный баланс

Бразилия занимает пятое место в мире по выбросам ПГ, а также обладает одним из самых больших потенциалов для восстановления и сохранения экосистем. Запасы углерода в живой биомассе оцениваются 51 894,2 млн т (рис. 3). В краткосрочной перспективе сокращение выбросов за счет сохранения экосистем будет необходимо Бразилии для достижения ее климатической цели на 2030 год, поскольку она может сократить выбросы от 1,5 до 4,3 Пг, по сравнению с 0,127 Пг в результате восстановления экосистем. Однако в долгосрочной перспективе восстановление во всех биомах Бразилии может привести к сокращению выбросов на 3,9–9,8 Пг к 2050 и 2080 гг. [2].

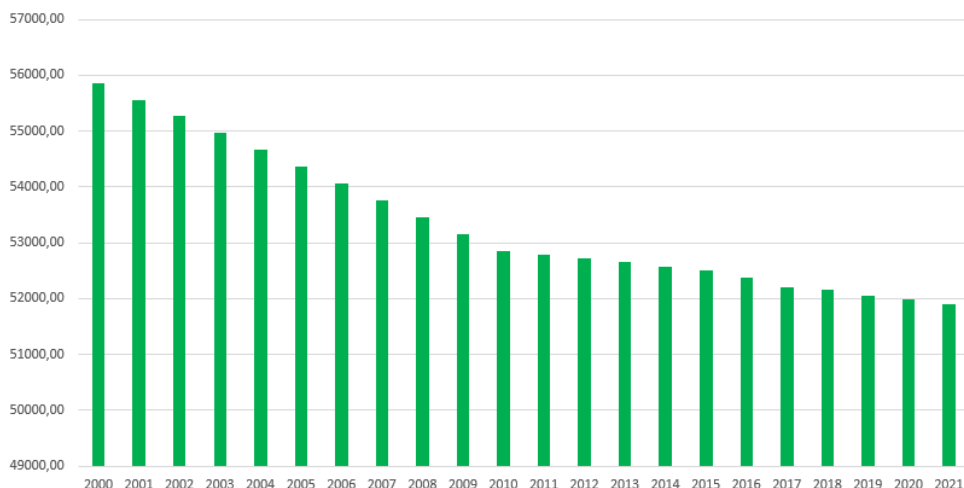


Рис. 3. Запас углерода Бразилии в живой биомассе, млн т
 Источник: составлено Ю.С. Поповой, Т.В. Комаровой по данным: Faostat.
 URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (accessed: 11.10.2024).

По данным исследований, леса Амазонии содержат около 229–280 Пг углерода в живой биомассе и почвах, что составляет около 10 % мировых запасов углерода в почве. Однако для биома Амазонии был получен прогнозный результат, который показывает, что общее поглощение углерода достигнет 736 904 т к 2050 г. [7].

На запасы углерода в бразильских биомах негативно повлияло значительное изменение землепользования и растительного покрова, связанное с демографической и сельскохозяйственной экспансией. Несмотря на значительное замедление темпов обезлесения в Бразилии, на ее долю по-прежнему приходится от 17 до 29 % глобальных выбросов. Однако расхождения в расчетах по Бразилии в рамках глобального бюджета углеродного цикла внесли свой вклад в значительную долю соответствующей общей глобальной неопределенности [8].

По данным системы глобального мониторинга лесов (Global Forest Watch), на примере некоторых биомов Бразилии показано, что площадь леса

существенное меньше прочих типов наземного покрова и составляет от 18 до 45 % (табл. 3).

Например, Биом Серрадо считается одной из горячих точек биоразнообразия в мире, и в настоящее время этот регион имеет самую большую сельскохозяйственную площадь в стране, что привело к потере 55 % коренных и вторичных типов растительности. Вместе с тем на этот регион приходится 26 % страновых выбросов углерода в результате изменений в землепользовании [11]. Приведенные данные по потокам углерода по некоторым биомам Бразилии демонстрируют отрицательные запасы.

Таблица 3. Соотношение площадей наземного покрова и потоков углерода в биомех Серрадо, Каатинга, Пантанал

Биом	Площадь, млн га	Площадь леса, млн га	Площадь прочих типов наземного покрова	Потоки углерода, млн т CO ₂ Е/год		
				выбросы	поглощение	запасы
Серрадо	29,58	11	18,6	48,4	–66,9	–18,5
Каатинга	71,37	13	58,4	23,3	–67,2	–43,8
Пантанал	15,45	6,99	8,46	16,3	–35,2	–18,8

Источник: составлено Ю.С. Поповой, Т.В. Комаровой по данным GFW.

Заключение

В Бразилии разрабатываются различные программы, направленные на минимизацию последствий трансформации землепользования, и в частности воздействия сельского хозяйства на экосистемы. Современная тенденция состоит в разработке и внедрении альтернативных подходов, широко известных как низкоуглеродные методы ведения сельского хозяйства, которые направлены на сокращение выбросов в сельском хозяйстве без ущерба для производительности. Несколько низкоуглеродных методов ведения сельского хозяйства включают интегрированные системы растениеводства, животноводства и лесопользования, улучшенную обработку отходов животноводства, восстановление деградированных пастбищ, безотвальную обработку почвы, биологическую фиксацию азота и лесопосадки. Однако в современных реалиях в Бразилии существует недостаток институциональной базы, реализация стратегий происходит не в запланированные сроки.

Поскольку выбросы в результате обезлесения и изменений в землепользовании продолжали увеличиваться в течение последних десятилетий, сохранение и восстановление экосистем все чаще рассматриваются как необходимые меры для достижения целей по смягчению последствий изменения климата. Глобальные соглашения чаще всего связаны со смягчением последствий изменения климата, возможно, из-за существования устоявшегося глобального углеродного рынка. Преобладание потенциала связывания углерода в качестве основного критерия для определения того, где следует осуществлять эти действия, привело к глобальному сосредоточению внимания на восстановлении лесных экосистем, особенно влажных тропических лесов

(например, биома Амазония), известных своим высоким потенциалом накопления углерода. При этом другие биомы, такие как травянистые и древесные саванны, которые покрывают 50 % тропических районов мира, испытывают не меньшую деградацию (в Бразилии – это биомы Серрадо и Каатинга). Более того, имеются убедительные доказательства того, что эти сезонно засушливые биомы имеют высокую ценность с точки зрения их вклада в накопление углерода, разнообразие видов растений, национальную водную безопасность и местные ресурсы для коренных народов. В этом аспекте для Бразилии немаловажным фактором может стать переориентация стратегий на восстановление экосистем наиболее деградированных экосистем.

Список литературы

- [1] *Scott A.C., Bohl D.K., Hedden S., Moyer J.K., Hughes B.B.* Sustainable Development Goals Report: Brazil 2030. 2017. 82 с.
- [2] *Santos C.O., Pinto A.S., Santos M.P., Alves B.J.R., Neto M.B.R., Ferreira L.G.* Livestock intensification and environmental sustainability: An analysis based on pasture management scenarios in the Brazilian savanna // *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 355. Article no. 120473. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120473> EDN: PXFIAU
- [3] *Алексеева Н.Н., Банчева А.И., Гринфельдт Ю.С., Петров Л.А., Третьяченко Д.А.* Оценка выбросов углерода вследствие изменений землепользования на глобальном и региональном уровнях в зарубежных исследованиях // *География и природные ресурсы*. 2024. № 1. С. 15–26. <http://dx.doi.org/10.15372/GIPR20240102>. EDN: GWNPN1
- [4] *Sousa-Neto E.R., Gomes L., Nascimento N., Pacheco F., Ometto J.P.* Chapter 20 – Land Use and Land Cover Transition in Brazil and Their Effects on Greenhouse Gas Emissions // *Muñoz M.Á., Zornoza R. (eds.). Soil Management and Climate Change*. Academic Press, 2018. P. 309-321.
- [5] *Broggio I., Silva-Junior C.H.L., Nascimento M.T., Villela D.M., Aragão L.E.O.C.* Quantifying Landscape Fragmentation and Forest Carbon dynamics over 35 years in the Brazilian Atlantic Forest // *Environmental Research Letters*. 2024. Vol. 19, no. 3. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ad281c>
- [6] *Rosan T.M., Goldewijk K.K., Ganzenmüller R., O'Sullivan M.* A multi-data assessment of land use and land cover emissions from Brazil during 2000-2019 // *Environmental Research Letters*. 2021. Vol. 16, no. 7. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ac08c3> NDUQLX
- [7] *Feitosa T.B., Fernandes M.M., Celso A. G. S., Silva R.M., Garcia J.R.G., Filho R.N.A., Fernandes M.R.M., Cunha E.R.* Assessing economic and ecological impacts of carbon stock and land use changes in Brazil's Amazon Forest: A 2050 projection // *Sustainable Production and Consumption*. 2023. Vol. 41, no. 2. P. 64-74. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.009> EDN: RKBSHA
- [8] *Klimanova O., Naumov A., Greenfieldt Yu., Prado R.B., Tretyachenko D.* Recent Regional Trends of Land Use and Land Cover Transformations in Brazil // *Geography, Environment, Sustainability*. 2017. Vol. 10, no. 4. P. 98-116. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2017-10-4-98-116> EDN: YMURFT
- [9] *Caballero C.B., Biggs T.W., Vergopolan N., West T.A.P., Ruhoff A.* Transformation of Brazil's biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation // *Science of The Total Environment*. 2023. Vol. 896. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166323> EDN: FLVXVQ

- [10] *De Carvalho A.M., Jesus D.R., Sousa T.R., Figueiredo C.C., Oliveira A.D., Marchão R.L., Ribeiro F.P., Dantas R.A., Borges L.A.B.* Soil Carbon Stocks and Greenhouse Gas Mitigation of Agriculture in the Brazilian Cerrado—A Review // *Plants*. 2023. Vol. 12, no. 13. <https://doi.org/10.3390/plants12132449> EDN: RZWQZP
- [11] *Ribeiro F.P., Gatto A., Oliveira A.D., Pulrolnik K., Valadão M.B.X., Araújo Ju.B.C.N., Carvalho A.M., Ferreira E.A.B.* Carbon Storage in Different Compartments in Eucalyptus Stands and Native Cerrado Vegetation // *Plants*. 2023. Vol. 12, no. 14. <https://doi.org/10.3390/plants12142751> EDN: RBYMMO

Сведения об авторах:

Попова Юлия Сергеевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. ORCID: 0000-0003-3864-6838; eLIBRARY SPIN-код: 9479-0370. E-mail: porovays@my.msu.ru

Комарова Татьяна Владимировна, ведущий инженер кафедры физической географии мира и геоэкологии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. ORCID: 0009-0006-8377-1100; eLIBRARY SPIN-код: 6743-8973. E-mail: tanja37@yandex.ru



ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-120-131

EDN: GOFPCF

УДК 574

Научная статья / Research article

Исследование сорбционных свойств углеродных волокнистых материалов

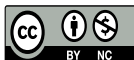
С.Я. Алибеков^{ID}, Е.В. Кутонова[✉], В.А. Севрюгин

*Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола,
Российская Федерация*
[✉]KutonovaEV@volgatech.net

Аннотация. В целях оценки возможности и эффективности использования волокнистых углеродных тканей при ликвидации разливов нефтепродуктов на водной поверхности проведено исследование сорбционных свойств различных видов углеродных тканей. Среди актуальных в условиях современности задач – принятие своевременных мер по ликвидации и утилизации разлитой нефти и нефтепродуктов. Цель исследования – определение нефтеемкости углеродных волокнистых материалов различных марок и структур. Для очистки воды от нефтепродуктов используются различные методы: механические, химические, физико-химические, биологические. Применение того или иного метода зависит от источника, степени загрязнения, объема загрязняющего вещества и др. Среди большого числа известных методов очистки сорбция представляет большой интерес как единственный из наиболее эффективных и недорогих методов. Для очистки воды до максимально допустимой концентрации сорбенты должны обладать высокой нефтеемкостью, гидрофобностью, а также обладать повышенной плавучестью. Проведен сравнительный анализ механического и термического способа реактивации углеродных тканей после их использования в качестве сорбента нефти.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, сорбция, углеродные ткани, ЯМР-эксперимент, нефтеемкость

© Алибеков С.Я., Кутонова Е.В., Севрюгин В.А., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Благодарности. Авторы выражают благодарность кафедре физики молекулярных систем Казанского (Приволжского) федерального университета за помощь в проведении экспериментов.

Вклад авторов. *Алибеков С.Я.* – концептуализация, научное руководство исследованием; *Кутанова Е.В.* – проведение экспериментов, курирование данных, написание — подготовка черновика рукописи; *Севрюгин В.А.* – разработка методологии исследования, формальный анализ данных. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 14.11.2024; доработана после рецензирования 10.01.2025; принята к публикации 20.02.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: *Алибеков С.Я., Кутанова Е.В., Севрюгин В.А.* Исследование сорбционных свойств углеродных волокнистых материалов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 120–131. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-120-131>

Study of sorption properties of carbon fiber materials

Sergei Ya. Alibekov^{ORCID}, Ekaterina V. Kutanova[✉], Vyacheslav A. Sevryugin

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russian Federation

[✉]KutanovaEV@volgatech.net

Abstract. In order to assess the possibility and effectiveness of using fibrous carbon fabrics in the elimination of oil spills on the water surface, a study of the sorption properties of various types of carbon fabrics was conducted. The current task is to take timely measures to eliminate and utilize spilled oil and oil products. The purpose of this work is to determine the oil capacity of carbon fibrous materials of various grades and structures. To purify water from oil products, various purification methods are used: mechanical, chemical, physical-chemical, biological. The use of a particular method depends on the source, degree of pollution, volume of pollutant and other circumstances. Among the large number of known cleaning methods, sorption is of great interest as the only one of the most effective and inexpensive cleaning methods. To purify water to the maximum permissible concentration, sorbents must have high oil capacity, hydrophobicity, and also have increased buoyancy. A comparative analysis of the mechanical and thermal methods of reactivation of carbon fabrics after their use as an oil sorbent has been carried out.

Keywords: oil, petroleum products, sorption, carbon fabrics, NMR experiment, oil capacity

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the Department of Molecular Systems Physics of the Kazan (Volga Region) Federal University for their assistance in conducting experiments.

Authors' contribution. *Alibekov S.Ya.* – conceptualisation, scientific supervision of the study; *Kutonova E.V.* – conducting experiments, data curation, writing – draft manuscript preparation; *Sevryugin V.A.* – development of the research methodology, formal data analysis. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 14.11.2024; revised 10.01.2025; accepted 20.02.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Alibekov SYa, Kutonova EV, Sevryugin VA. Study of sorption properties of carbon fiber materials. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):120–131. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-120-131>

Введение

Нефть и ее производные уже несколько веков являются одним из основных энергоресурсов человечества. Однако интенсификация потребления нефтепродуктов и, как следствие, интенсификация нефтедобычи выводит на более актуальный уровень проблему снижения отрицательных последствий этих процессов на природную среду существования самого человечества. Вполне очевидно, что остаточные отходы нефтепроизводств и разливы нефтепродуктов крайне критичны для существования экологических сообществ растительного и биологического происхождения [1]. Если загрязнение нефтепродуктами почвы носит локальный характер и может быть купировано, то разливы нефтепродуктов наводной поверхности приводят к глобальным последствиям, поскольку их ликвидация требует значительных затрат и ресурсов, очень трудна и ресурс пресной и морской воды является для человечества крайне важным и жизненно необходимым. Технологические аварии, приводящие к разливу нефтепродуктов на водной поверхности, имеют катастрофические последствия не только для самой водной среды, но и обширных территорий прилегающей суши, а также жизни социальных сообществ на этой территории. Поиск и разработка эффективных методов локализации и устранения разливов нефтепродуктов на водной поверхности является актуальнейшей задачей. В настоящее время для ее решения используются механические, биологические, термические, физико-химические методы, а также их комбинация. У этих методов есть как свои достоинства, так и множество недостатков [2; 3].

Материалы и методы

Одним из достаточно эффективных методов локализации и ликвидации разливов нефтепродуктов является метод, использующий явление сорбции нефтепродукта пористыми сорбентами. Такие сорбенты при контакте с нефтепродуктами на водной поверхности сорбируют углеводороды и механически убираются с поверхности воды. В настоящее время используют сорбенты как природного происхождения, так и синтетические. С точки зрения экологии сорбенты из природных материалов: торфа, мха, древесных

опилок и т. д. – наиболее безопасны. Эти сорбенты, являясь доступными и относительно дешевыми, однако имеют невысокие сорбционные свойства, также возникают трудности при их сборе с водной поверхности. Синтетические сорбенты имеют достаточно высокую сорбционную нефтеемкость, но при этом, поскольку сами сорбенты являются результатом химических производств, могут вызывать негативные экологические последствия. Более того, при использовании как природных, так и синтетических сорбентов имеются проблемы их утилизации. Таким образом, необходим поиск новых сорбентов и разработка способов их применения для сбора нефтепродуктов с водной поверхности.

В патентной заявке¹ в качестве сорбирующего элемента для ликвидации разливов на водной поверхности нефти и нефтепродуктов предлагается использовать углеродное волокно. Особенностью способа применения, предлагаемого авторами² сорбента, является термическая утилизация сорбированных нефтепродуктов путем отжига углеродной ткани, пропитанной собранными с поверхности воды нефтепродуктами в специальной печи. По утверждению авторов³, натурная реализация предложенного способа показала высокую его техническую и экономическую эффективность. Однако физико-химические свойства углеродной ткани как сорбента нефтепродуктов из водной среды, а также изменение этих свойств при термическом воздействии не исследовались. Далее представлены некоторые результаты таких исследований.

Результаты и обсуждение

Важнейшим физико-химическим свойством сорбентов, используемых для сбора нефтепродуктов с водной поверхности, является их гидрофобность и лиофильность, то есть свойство избирательного смачивания.

Независимо от технологии производства и марок углеродная ткань, как тканая, так и в виде войлока, представляет собой капиллярно-пористую систему с углеродным каркасом. Очевидно, что физико-химической природой сорбционных свойств такой пористой системы по отношению к компоненте жидкофазной смеси является капиллярная сорбция, селективность которой определяется явлением избирательного смачивания волокон углеродной ткани. Поскольку микроструктура углеродных волокон тканей графитоподобна, можно полагать что углеродные материалы гидрофобны, как и графит.

¹ Патент № 2686173 С1, Российская Федерация, МПК C02F 1/28. Способ очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов : заявл. 27.11.2018; опубл. 24.04.2019 / Алибеков С.Я., Кутонова Е.В., Сютова А.И., Батанов Б.С., Шестакова Т.В. ; патентообладатель : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

² Там же.

³ Там же.

Это утверждение подтверждается простым наблюдением краевого угла жидкости на поверхности графита, частично погруженного в воду и в нефть. На рис. 1 показаны фотографии краевых углов жидкости на поверхности графитовой пластины, вертикально погруженной в воду (а) и нефть (б).

На фотографиях видно, что краевой угол воды больше 90° , а нефти – заметно меньше 90° . Эффект избирательного смачивания углеродной ткани иллюстрируется результатом сорбционного эксперимента в водонефтяной эмульсионной смеси. Эмульсионная смесь была получена из водонефтяной смеси в пропорции 50/50 по объему ультразвуковым смешением до получения устойчивой эмульсии. После выдержки войлочной углеродной ткани в готовой эмульсии производился тщательный механический отжим ткани со сбором продукта отжима. Длительное отстаивание продукта отжима не обнаружило в нем заметных следов воды.

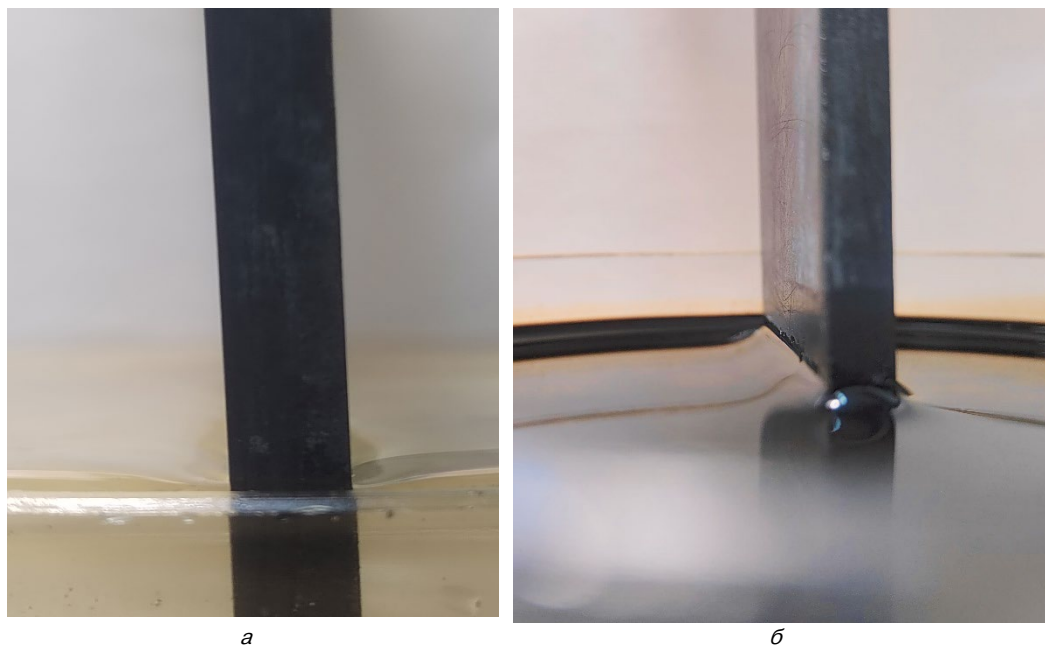


Рис. 1. Краевые углы воды (а) и нефти (б) на поверхности графитовых пластин
 Источник: составлено С.Я. Алибековым, Е.В. Кутоновой, В.А. Севрюгиным.
Figure 1. The marginal angles of water (а) and oil (б) on the surface of graphite plates
 Source: compiled by S.Ya. Alibekov, E.V. Kutonova, V.A. Sevryugin.

Основная характеристика сорбционной способности сорбентов любой природы – их сорбционная емкость. Поэтому важной характеристикой углеродных тканей, используемых в качестве сорбентов нефти, является их нефтеемкость. Для определения нефтеемкости войлочной и тканых углеродных тканей различных марок использовался весовой метод. Образцы испытуемых тканей взвешивались на электронных весах до и после насыщения их нефтью в течение 24 ч. Нефтеемкость определялась по формуле

$$q = \frac{m - m_o}{m_o},$$

где q – нефтеемкость сорбента; m – масса образца после сорбции нефти; m_o – масса образца сухой углеродной ткани. Результаты этих исследований приведены в табл. 1.

Из приведенных в табл. 1 величин следует, что в качестве сорбирующего нефть материала наибольшей эффективностью обладает войлочная углеродная ткань.

Таблица 1. Результаты сорбционного эксперимента различных марок углеродных тканей

Углеродные материалы	m_o , г	m , г	q , г/г
Войлочная ткань	1,00	9,20	8,20
ТМ-4	1,05	3,20	2,00
ЛТ1-22/40	1,10	3,74	2,40
Бусофит Т-055	0,15	0,95	5,40

Источник: составлено С.Я. Алибековым, Е.В. Кутоновой, В.А. Севрюгиным.

Table 1. Results of sorption experiment of different grades of carbon fabrics

Carbon materials	m_o , g	m , g	q , g/g
Felt fabric	1.00	9.20	8.20
TM-4	1.05	3.20	2.00
LT 1-22/40	1.10	3.74	2.40
Busofit T-055	0.15	0.95	5.40

Source: compiled by S.Ya. Alibekov, E.V. Kutonova, V.A. Sevryugin.

Поскольку нефтепродукты, как и сама нефть, имеют сложный состав, то кроме рассмотренных макроскопических сорбционных свойств углеродных тканей важными являются и детали сорбции по отношению к компонентам нефтепродуктов.

Одной из основных характеристик сорбентов из волокнистых углеродных материалов является их способность к регенерации без значительной потери сорбционной емкости и массы сорбента при повторном их применении. Для регенерации углеродной ткани, насыщенной сорбированной нефтью, предлагаются методы отжима и отжига⁴.

Использование отжима сорбированной нефти из углеродных тканей показало, что восстановить полностью сорбционные свойства исследуемых материалов не удастся, поскольку даже путем простого наблюдения в тканях обнаруживается остаточная масса нефтепродуктов. Более того, при многократных механических воздействиях разрушается структура волокон ткани, приводя их в негодность для многократного использования. После 2–3 процессов «сорбция – регенерация» ткань теряет механическую устойчивость формы и структуры.

⁴ Патент № 2686173 С1, Российская Федерация, МПК C02F 1/28. Способ очистки поверхности воды от нефти и нефтепродуктов : заявл. 27.11.2018; опубл. 24.04.2019 / Алибеков С.Я., Кутонова Е.В., Сютова А.И., Батанов Б.С., Шестакова Т.В. ; патентообладатель : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет».

Применение для регенерации углеродной ткани отжига показало, что после пятикратного повторения процесса, «сорбция – обжиг» нефтеемкость практически не меняется. Однако углеродная ткань становится жестче. По-видимому, причиной этого является накопление остаточных продуктов пиролиза сорбированной нефти.

Поскольку нефтепродукты, как и сама нефть, имеют сложный состав, то кроме рассмотренных макроскопических сорбционных свойств углеродных тканей важными являются и детали сорбции по отношению к компонентам нефтепродуктов.

Так как методы ЯМР широко используются для определения компонентного состава нефти [4], то они, очевидно, будут достаточно информативны при исследовании деталей сорбции нефтепродуктов углеродными тканями. Однако углеродные ткани являются хорошими электрическими проводниками, что накладывает определенные ограничения на использование ряда ЯМР-методик [5]. Нами использовались методики исследования спин-спиновой релаксации, а именно методики Кара – Парселла – Мейбума – Гилла (КПМГ) и Solid-Echo [3]. ЯМР-эксперимент проводился на лабораторном ЯМР-релаксметре с резонансной частотой протонов 60 МГц.

На рис. 2 представлен спад поперечной ядерной намагниченности, полученный методикой КПМГ в углеродной войлочной ткани (УВТ), предельно насыщенной сырой нефтью (кривая 1) и в ткани после однократного механического отжима (кривая 2). Для сравнения на этом же рисунке представлен релаксационный спад поперечной намагниченности в образце сырой нефти (кривая 3).

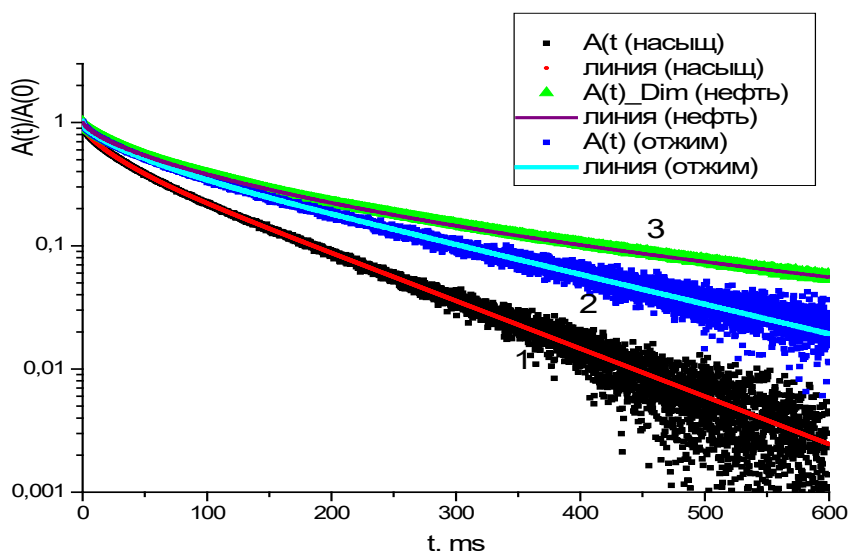


Рис. 2. Спад поперечной ядерной намагниченности в предельно насыщенной нефтью войлочной углеродной ткани (кривая 1), после механического отжима (кривая 2), в сырой нефти (кривая 3)

Источник: составлено С.Я. Алибековым, Е.В. Кутоновой, В.А. Севрюгиным.

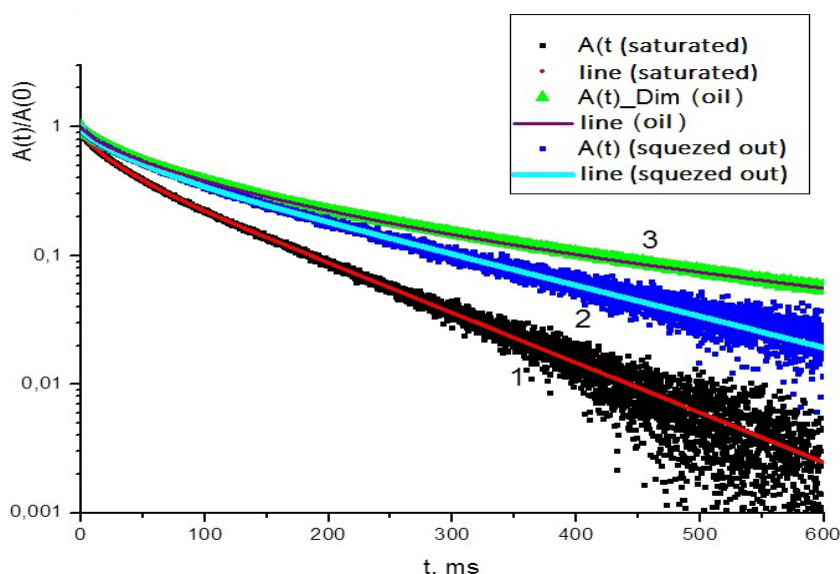


Figure 2. The decline of transverse nuclear magnetization in extremely oil-saturated felt carbon fabric (curve 1), after mechanical squeezed out (curve 2), in crude oil (curve 3)

Source: compiled by S.Ya. Alibekov, E.V. Kutonova, V.A. Sevryugin.

Сплошными линиями на рис. 2 представлены кривые аппроксимации представленных спадов поперечной ядерной намагниченности в виде суммы экспоненциальных составляющих в виде

$$A(t)/A(0) = \sum_{i=1}^n p_i \exp(-t/T_{2i}),$$

где p_i – населенность как доля от общего сигнала ЯМР i -й релаксационной компоненты с временем релаксации T_{2i} . Величины времен релаксации T_{2i} и соответствующих населенностей p_i , рассчитанные путем аппроксимации экспериментальных релаксационных спадов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Времена T_{2i} и соответствующие населенности p_i для спадов поперечной намагниченности УВТ в состояниях насыщения нефтью и после отжима

Образец	T_{2a1} , мс	p_a	T_{2b1} , мс	p_b	T_{2c1} , мс	p_c	T_{2d1} , мс	p_d
Сырая нефть	390	0,25	110	0,45	27,0	0,2	5	0,8
УВТ с нефтью	112	0,52	28	0,30	5,4	0,1	1	0,1
УВТ после отжима	180	0,54	45	0,30	12,4	0,1	1	0,1

Источник: составлено С.Я. Алибековым, Е.В. Кутоновой, В.А. Севрюгиным.

Table 2. The times T_{2i} and corresponding populations p_i for decays of transverse magnetization in carbon felt fabric in oil-saturated and after squeezed out

Sample	T_{2a1} , ms	p_a	T_{2b1} , ms	p_b	T_{2c1} , ms	p_c	T_{2d1} , ms	p_d
Crude oil	390	0.25	110	0.45	27.0	0.2	5	0.8
CFF with oil	112	0.52	28	0.30	5.4	0.1	1	0.1
CFF after spin	180	0.54	45	0.30	12.4	0.1	1	0.1

Source: compiled by S.Ya. Alibekov, E.V. Kutonova, V.A. Sevryugin.

В проведенном ЯМР-эксперименте следует особо отметить факт увеличения времени T_{2i} релаксационных компонент остаточной нефти в углеродном волокне после его механического отжима относительно соответствующих компонент нефти до отжима ткани. Поскольку при механическом отжиме нефти изменения физико-химических свойств углеродной ткани не происходит, то, скорее всего, имеет место изменение параметров пористости углеродной ткани и возможное перераспределение в ней остаточной нефти. Это предположение вполне согласуется с наблюдаемым уменьшением предельной сорбционной емкости углеродной ткани после процедуры механического отжима, хотя визуально эти изменения незаметны.

При отжиге сорбированной углеродной тканью нефти совершенно очевидно, что остаточным продуктом отжига могут являться карбонизированные ее составляющие – асфальтены и смолы в твердотельном состоянии. Поэтому в ЯМР-эксперименте использовалась методика Solid-Echo, пригодная для исследования процессов ядерной магнитной релаксации образцов в твердотельном состоянии. На рис. 3 представлено релаксационное затухание поперечной ядерной намагниченности, полученное импульсной методикой Solid-Echo, в образце углеродной ткани после процедуры термического отжига сорбированной в ней нефти.

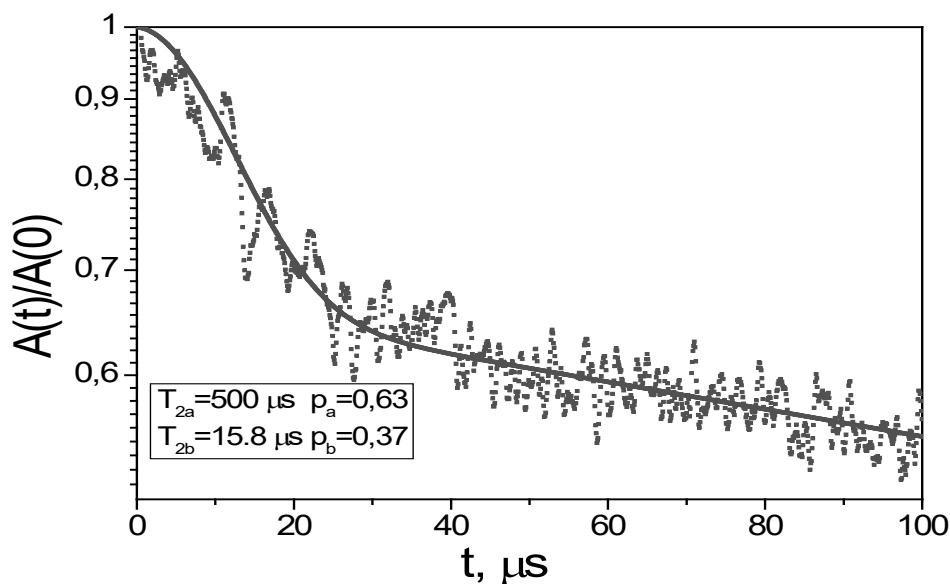


Рис. 3. Релаксационное затухание поперечной ядерной намагниченности в образце углеродной ткани после процедуры термического отжига нефти

Источник: составлено С.Я. Алибековым, Е.В. Кутоновой, В.А. Севрюгиным.

Figure 3. Relaxation attenuation of transverse nuclear magnetization in a carbon tissue sample after the thermal annealing of oil

Source: compiled by S.Ya. Alibekov, E.V. Kutonova, V.A. Sevryugin.

Сплошной линией на рис. 3 представлена аппроксимация полученного релаксационного спада поперечной намагниченности суммой двух экспонент вида

$$p_a \cdot \exp(-t/T_{2a}) + p_b \cdot \exp(-t^2/T_{2b}^2).$$

В этом выражении так называемая гауссова релаксационная компонента $\exp(-t^2/T_{2b}^2)$ соответствует релаксации твердотельной компоненты, а лоренцова релаксационная компонента $\exp(-t/T_{2a})$ – аморфной компоненте молекулярной системы. Наличие твердотельной компоненты, образующейся в углеродном волокне, после отжига сорбированной нефти, непосредственно наблюдается методами оптической микроскопии. Микрофотографии углеродной ткани после отжига представлены на рис. 4.

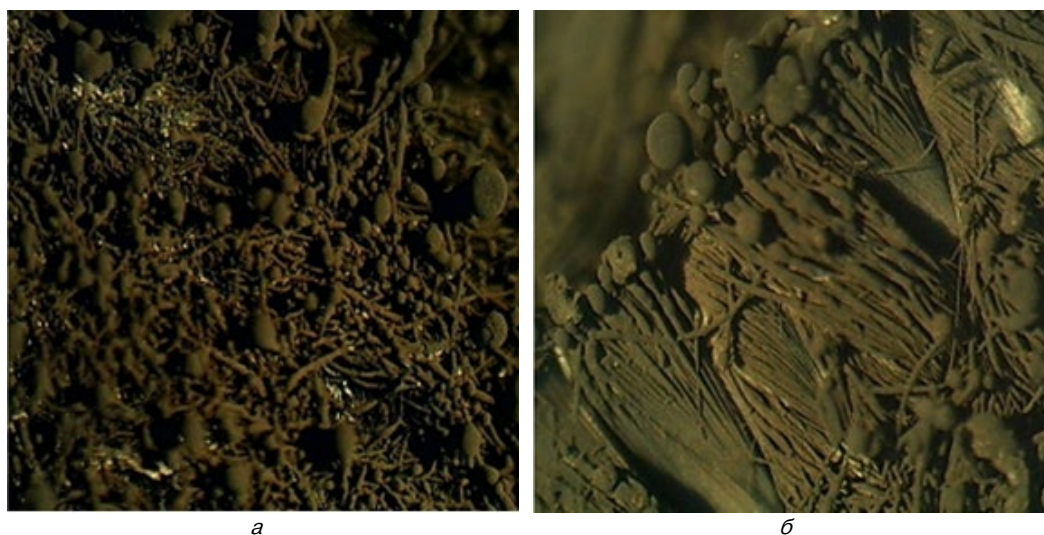


Рис. 4. Структуры углеродных волокнистых тканей после сжигания:

а – войлочная ткань; б – ТМ-4

Источник: составлено С.Я. Алибековым, Е.В. Кутоновой, В.А. Севрюгиным.

Figure 4. Structures of carbon fiber fabrics after combustion: a – felt fabric; б – TM-4

Source: compiled by S.Ya. Alibekov, E.V. Kutonova, V.A. Sevryugin.

На микрофотографиях можно видеть сферические образования, являющиеся, очевидно, остаточными твердотельными компонентами, которым соответствуют времена спин-спиновой релаксации $T_{2b} = 15,8\mu s$. Компонента с временем релаксации $T_{2a} = 500\mu s$ только частично соответствует карбонизированным молекулам асфальтенов, смол, распределенных по поверхности углеродных волокон. Наличие такой природы этой компоненты, скорее всего, и объясняет увеличение жесткости углеродного волокна после отжига нефти.

Заключение

Проведенное исследование определения нефтеемкости и регенерации углеродного сорбента показало, что углеродные ткани можно использовать

многократно для сорбции нефтепродуктов и их свойства не теряются. Таким образом, показана экономическая целесообразность применения этих материалов для сорбции и утилизации нефти и нефтепродуктов.

Исследование эффективности способов очистки углеродных тканей позволяет полагать, что углеродная ткань может эффективно пропитываться нефтью и удерживать ее в себе. Отжим углеродного волокна после сорбции удаляет практически только половину, порядка 47 %, от общего объема сорбированной нефти. Очистка углеродного волокна отжигом практически полностью регенерирует углеродную ткань. Эффективность термического способа регенерации составляет более 97 %. Установлено, что после механической очистки обожженных тканей они восстанавливают свои упругие свойства без изменения сорбционных свойств.

Список литературы

- [1] Демельханов М.Д., Оказова З.П., Чупанова И.М. Экологические последствия разливов нефти // Успехи современного естествознания. 2015. № 12. С. 91–94. EDN: VLCYPL
- [2] Сергиенко Т.Д., Шахпаронова Т.С. Методы очистки акваторий от разливов нефти и нефтепродуктов // Актуальные проблемы химического и экологического образования : 63 Всероссийская научно-практическая конференция химиков с международным участием, г. Санкт-Петербург, 14–16 апреля 2016 года : сборник научных трудов / М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «РГПУ им. А.И. Герцена», Учебно-методическое об-ние по направлениям пед. образования ; [редкол. : О. Г. Роговая и др.]. Санкт-Петербург : Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2016. С. 398–402. EDN: WBTPWZ
- [3] Фаррар Т., Беккер Э. Импульсная и фурье-спектроскопия ЯМР / пер. с англ. Б.А. Квасова ; под ред. [и с предисл.] д-ра физ.-мат. наук Э.И. Федина. Москва : Мир, 1973. 164 с.
- [4] Волков В.Я., Сахаров Б.В., Хасанова Н.М., Нургалиев Д.К. Анализ компонентного состава и свойств тяжёлых нефтей *in situ* методом ЯМР релаксации в низких магнитных полях // Георесурсы. 2018. Т. 20. № 4. Ч. 1. С. 308–323. EDN: YTDBDN
- [5] Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований / пер. с англ. Ю.М. Демина, В.А. Черткова; под ред. Ю.А. Устынюка. Москва : Мир, 1992.

References

- [1] Demelhanov MD, Okazova ZP, Chupanova IM. Environmental impacts of oil spills. *Advances in Current Natural Sciences*. 2015;(12):91–94. (In Russ.). EDN: VLCYPL
- [2] Sergienko TD, Shakhparonova TS. Methods of cleaning water areas from oil and petroleum product spills. *Actual problems of chemical and environmental education. Collection of scientific papers of the 63rd All-Russian Scientific and Practical Conference of Chemists with international participation. St. Petersburg, April 14-16, 2016. Collection of scientific papers*. St. Petersburg: A.I. Herzen Russian State Pedagogical University; 2016. p. 398–402. (In Russ.). EDN: WBTPWZ
- [3] Farrar T, Becker E. *Pulse and Fourier Transform NMR*. Translated from English. Moscow: Mir publ.; 1973. (In Russ.).

- [4] Volkov VYa, Sakharov BV, Khasanova NM, Nurgaliev DK. Analysis of the composition and properties of heavy oils in situ by low field NMR relaxation method. *Georesursy*. 2018;20(4), part 1:308-323. (In Russ.). EDN: YTDBDN
- [5] Derome AE. *Modern NMR methods for chemical research*. Ustynkzha YuA. (ed.). Moscow: Mir publ.; 1992. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Алибеков Сергей Якубович, доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения и материаловедения, Институт механики и машиностроения, Поволжский государственный технологический университет, Российская Федерация, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3. ORCID: 0009-0009-8994-4481; eLIBRARY SPIN-код: 41420337. E-mail: AlibekovSY@volgatech.net

Кутонова Екатерина Васильевна, старший лаборант кафедры машиностроения и материаловедения, Институт механики и машиностроения, Поволжский государственный технологический университет, Российская Федерация, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3. E-mail: KutonovaEV@volgatech.net

Севрюгин Вячеслав Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры машиностроения и материаловедения, Институт механики и машиностроения, Поволжский государственный технологический университет, Российская Федерация, 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3. AuthorID: 45071. E-mail: SevryuginVA@volgatech.net

Bio notes:

Sergei Ya. Alibekov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Volga State University of Technology, 3 Lenin Sq, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation. ORCID: 0009-0009-8994-4481; eLIBRARY SPIN-code: 41420337. E-mail: AlibekovSY@volgatech.net

Ekaterina V. Kutonova, Senior laboratory assistant of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Volga State University of Technology, 3 Lenin Sq, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation. E-mail: KutonovaEV@volgatech.net

Vyacheslav A. Sevryugin, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Engineering and Materials Science, Institute of Mechanics and Mechanical Engineering, Volga State University of Technology, 3 Lenin Sq, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation. AuthorID: 45071. E-mail: SevryuginVA@volgatech.net



DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-132-144

EDN: GRJONP

УДК 574

Научная статья / Research article

Особенности валидации климатических проектов, верификации результатов их реализации и изменения требований к органам по валидации и верификации парниковых газов

Е.В. Савенкова¹, И.А. Куш², Д.В. Сухецкий¹, Д.О. Цибарева¹

¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

²Департамент международного сотрудничества в сфере природных ресурсов и охраны окружающей среды Минприроды России, г. Москва, Российская Федерация

savenkova_ev@pfur.ru

Аннотация. Добровольный рынок обращения углеродных единиц функционирует в России с 2022 г., благодаря чему ведущие российские компании успешно регистрируют в реестре углеродных единиц свои климатические проекты, выпускают и совершают сделки с углеродными единицами. С учетом важности финансовых последствий таких операций особую роль приобретает подтверждение достоверности данных о фактических выбросах парниковых газов и/или их поглощении, поэтому выпуску углеродных единиц предшествует валидация климатических проектов и верификация их результатов. Доверие к заключениям по валидации и верификации обеспечивается за счет соблюдения органами по валидации и верификации парниковых газов критериев аккредитации, гармонизированных с международными стандартами и документами международных организаций по аккредитации. Таким образом, для признания результатов валидации и верификации как в России, так и за рубежом органам по валидации и верификации парниковых газов необходимо обеспечивать постоянный мониторинг изменений критериев аккредитации и своевременное внесение изменений в свою систему менеджмента. В исследовании рассмотрены особенности валидации климатических проектов и верификации их результатов, а также проведен анализ изменений требований к деятельности органов по валидации и верификации парниковых газов в 2025 г.

Ключевые слова: добровольный рынок углеродных единиц, климатический проект, углеродная единица, валидация, верификация, критерии аккредитации

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

© Савенкова Е.В., Куш И.А., Сухецкий Д.В., Цибарева Д.О., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

История статьи: поступила в редакцию 20.02.2025; доработана после рецензирования 25.02.2025; принята к публикации 02.03.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Савенкова Е.В., Куш И.А., Сухецкий Д.В., Цибарева Д.О. Особенности валидации климатических проектов, верификации результатов их реализации и изменения требований к органам по валидации и верификации парниковых газов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 132–144. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-132-144>

Peculiarities of validation of climate projects, verification of their implementation results and changes in requirements for greenhouse gas validation and verification bodies

Elena V. Savenkova¹  , Ivan A. Kushch²,
Denis V. Sukhetsky¹, Daria O. Tsibareva¹

¹*RUDN University, Moscow, Russian Federation*

²*Department of International Cooperation in the Sphere of Natural Resources
and Environmental Protection of the Ministry of Natural Resources and Environment
of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

 savenkova_ev@pfur.ru

Abstract. The voluntary market for the circulation of carbon units has been operating in Russia since 2022, thanks to which leading Russian companies register their climate projects in the registry of carbon units, issue and conduct transactions with carbon units. Given the importance of the financial implications of such operations, the confirmation of the reliability of data on actual greenhouse gas emissions and/or their absorption is of particular importance, so the issuance of carbon units is preceded by the validation of climate projects and verification of their results. Confidence in the conclusions on validation and verification is ensured by compliance of greenhouse gas validation and verification bodies with accreditation criteria which are harmonised with international standards and documents of international accreditation organisations. Thus, to recognise the results of validation and verification as in Russia also abroad, greenhouse gas validation and verification bodies need to ensure constant monitoring of changes in accreditation criteria and timely implementation of changes in their management system. This research considers the specifics of validation of climate projects and verification of their results, as well as an analysis of changes in the requirements for the activities of greenhouse gas validation and verification bodies in 2025.

Keywords: voluntary carbon market, climate project, carbon unit, validation, verification, greenhouse gas validation and verification bodies, accreditation criteria

Authors' contribution. All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 20.02.2025; revised 25.02.2025; accepted 02.03.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Savenkova EV, Kushch IA, Sukhetsky DV, Tsibareva DO. Peculiarities of validation of climate projects, verification of their implementation results and changes in requirements for greenhouse gas validation and verification bodies. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):132–144. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-132-144>

Введение

В 2024 г. добровольный углеродный рынок России продемонстрировал тенденцию уверенного развития. При этом основы и понятийная база для его создания были заложены федеральным законом № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов»¹ относительно недавно. Именно этим федеральным законом, вступившим в силу в конце декабря 2021 г., была сформирована ранее отсутствовавшая правовая база, определяющая обращение углеродных единиц, а также впервые введены и закреплены определения таких понятий как «парниковые газы»², «климатический проект»³, «углеродная единица»⁴, «реестр углеродных единиц»⁵, «верификация результатов реализации климатических проектов»⁶.

Федеральный закон № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов» урегулировал отношения, связанные с ограничением выбросов парниковых газов, в том числе создание в нашей стране достоверной системы учета выбросов парниковых газов, а также определил право юридических лиц, индивидуальных предпринимателей или физических лиц на осуществление

¹ Федеральный закон от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» // Официальный интернет-портал правовой информации. 02.07.2021. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107020031?ysclid=m9s5oeaclb364286474> (дата обращения: 14.02.2025); Собрание законодательства РФ. 05.07.2021. № 27 (часть I). Ст. 5124 // Российская газета. 07.07.2021. № 147–148

² Парниковые газы – газообразные вещества природного или антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение (п. 1 ст. 2 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»).

³ Климатический проект – комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов (п. 7 ст. 2 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»).

⁴ Углеродная единица – верифицированный результат реализации климатического проекта, выраженный в массе парниковых газов, эквивалентной 1 т углекислого газа (п. 9 ст. 2 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»).

⁵ Реестр углеродных единиц – информационная система, в которой регистрируются климатические проекты и ведется учет углеродных единиц и операций с ними (п. 12 ст. 2 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»).

⁶ Верификация результатов реализации климатического проекта – проверка и подтверждение сведений о сокращении (предотвращении) выбросов парниковых газов или об увеличении поглощения парниковых газов в результате реализации климатического проекта (п. 10 ст. 2 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»).

проектной деятельности, позволяющей выпускать в обращение углеродные единицы, возникшие в результате реализации климатических проектов, так называемые углеродные офсеты/кредиты.

Методики и исследования

Добровольный рынок углеродных единиц в России ведет свой отсчет с 1 сентября 2022 года (дата запуска реестра углеродных единиц). При этом Минэкономразвития России, являясь разработчиком Правил создания и ведения реестра углеродных единиц, а также проведения операций с углеродными единицами в реестре углеродных единиц, определенных постановлением Правительства Российской Федерации от 30.04.2022 № 790⁷, продолжает работу по совершенствованию подходов к системе углеродного регулирования с учетом возникающих запросов государства и бизнеса [1; 2]. В частности, услуги оператора реестра освобождены от НДС, иностранные юридические лица, не имеющие постоянного представительства в России, получили возможность открывать счета и осуществлять операции в реестре углеродных единиц. Предусмотрена возможность погашения углеродными единицами углеродного следа третьих лиц, благодаря чему, например, ПАО Татнефть компенсирован углеродный след хоккейного матча «Ак Барс» — «Салават Юлаев» в объеме 38 т в СО₂-экв, который состоялся 18 декабря 2024 г. в г. Казань⁸.

В настоящий момент в реестре углеродных единиц зарегистрировано 49 климатических проектов, в рамках реализации которых запланировано к выпуску 88 990 543 углеродных единиц, из них 32 757 158 углеродных единиц находятся в обращении (в 2023 г. этот показатель составлял всего 87,5 тыс. углеродных единиц), а 19 998 углеродных единиц уже зачтены в целях уменьшения углеродного следа⁹.

Высокий рост числа запланированных к выпуску углеродных единиц, в том числе уже находящихся в обращении, выводит на первый план вопрос об уверенности участников добровольного углеродного рынка и иных заинтересованных сторон в надежности сведений об эффективности климатических проектов, которая обеспечивается соответствующими процедурами валидации и верификации.

Включению в реестр углеродных единиц и выходу на добровольный углеродный рынок России предшествует придание проекту по сокращению

⁷ Постановление Правительства РФ от 30.04.2022 № 790 (ред. от 13.08.2024) «Об утверждении Правил создания и ведения реестра углеродных единиц, а также проведения операций с углеродными единицами в реестре углеродных единиц» // Официальный интернет-портал правовой информации. 05.05.2022. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205050004?ysclid=m9s5rtgotj524062646> (дата обращения: 14.02.2025); Собрание законодательства РФ. 09.05.2022. № 19. Ст. 3208.

⁸ Реестр углеродных единиц. URL: <https://carbonreg.ru/ru/?ysclid=m7x40gfpo8241883224> (дата обращения: 14.02.2025).

⁹ Там же.

выбросов парниковых газов или увеличению их поглощения статуса «климатического проекта». Критерии отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, определены приказом Минэкономразвития России от 11.05.2022 № 248¹⁰. Оценка и подтверждение соответствия проекта установленным критериям осуществляется в рамках процедуры валидации органами по валидации и верификации парниковых газов, аккредитованными в национальной системе аккредитации (далее – ОВВПГ), область аккредитации которых включает выполнение работ по валидации климатических проектов в конкретном секторе экономики. При этом в качестве ОВВПГ не могут выступать аффилированные лица исполнителя проекта. В рамках валидации климатических проектов ОВВПГ также осуществляет оценку соответствия проекта требованиям национального стандарта ГОСТ Р ИСО 14064-2-2021¹¹, идентичного международному стандарту ISO 14064-2:2019 «Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements».

Особенностью организации ОВВПГ деятельности по валидации климатических проектов, а также оформлению итоговых документов является необходимость выполнения работ не только с соблюдением требований национального стандарта ГОСТ Р ИСО 14064-3-2021¹², идентичного международному стандарту ISO 14064-3:2019 «Greenhouse gases – Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements»), но и с учетом требований приказа Минэкономразвития России от 11 мая 2022 г. № 248. Так, например, согласно порядку отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или

¹⁰ Приказ Минэкономразвития России от 11.05.2022 № 248 (ред. от 08.07.2024) «Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.05.2022 № 68642) // КонтурНорматив. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=478455&ysclid=m9ldxghh1127379420> (дата обращения: 14.02.2025).

¹¹ ГОСТ Р ИСО 14064-2-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Газы парниковые. Часть 2. Требования и руководство по количественному определению, мониторингу и составлению отчетной документации на проекты сокращения выбросов парниковых газов или увеличения их поглощения на уровне проекта, утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2021 г. № 1030-ст // КонсультантПлюс. URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=OTN&n=31550> (дата обращения: 14.02.2025).

¹² ГОСТ Р ИСО 14064-3-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Газы парниковые. Часть 3. Требования и руководство по валидации и верификации заявлений в отношении парниковых газов, утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2021 г. № 1031-ст // КонсультантПлюс. URL: <https://carbonreg.ru/pdf/стандарты/ГОСТ%20Р%20ИСО%2014064-3-2021.pdf?ysclid=m7x461u8r412394933> (дата обращения: 14.02.2025).

физическими лицами, к климатическим проектам, ОВВПГ по результатам проведения валидации проекта вправе выдать заключение по верификации двух типов (положительное или отрицательное). ГОСТ Р ИСО 14064-3-2021 позволяет валидатору подготовить заключение трех типов: положительное, отрицательное и модифицированное, которое может быть оформлено в случае отсутствия в валидированном проекте существенных искажений.

Представляется, что такая специфика обусловлена интеграцией положительного заключения ОВВПГ в процесс предоставления исполнителю климатического проекта права инициировать включение сведений о климатическом проекте в реестр углеродных единиц, что является обязательным условием для последующего выпуска углеродных единиц.

Не менее важная роль отводится законодательством об ограничении выбросов парниковых газов деятельности по обязательной верификации результатов реализации климатических проектов. Верификация сведений о сокращении (предотвращении) выбросов парниковых газов или об увеличении поглощения парниковых газов в результате реализации климатического проекта, содержащихся в отчете о реализации климатического проекта, осуществляется ОВВПГ, область аккредитации которых включает выполнение работ по верификации результатов реализации климатических проектов в конкретном секторе экономики. Аналогично вышеописанным подходам к валидации климатических проектов при верификации отчетов о реализации климатических проектов в качестве ОВВПГ не могут привлекаться аффилированные лица исполнителя климатического проекта или иного лица, с которым исполнитель климатического проекта заключил договор о подготовке верифицируемого отчета. При верификации сведений, содержащихся в отчете о реализации климатического проекта, осуществляется их оценка и подтверждение соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 14064-2-2021 и приказа Минэкономразвития России от 11.05.2022 № 248. При этом ОВВПГ должен выполнить процедуру верификации с соблюдением требований ГОСТ Р ИСО 14064-3-2021, а также правил, определенных постановлением Правительства Российской Федерации от 24.03.2022 № 455¹³. В частности, при заключении между ОВВПГ и исполнителем климатического проекта или иным лицом (далее – заказчик верификации) договора на проведение верификации отдельное внимание необходимо уделить положениям, определяющим порядок и условия устранения заказчиком верификации недостатков, выявленных в процессе верификации. Также положениями такого договора должны быть урегулированы вопросы, связанные с обязательным посещением ОВВПГ территории, на которой реализуется климатический проект, с целью подтверждения

¹³ Постановление Правительства РФ от 24.03.2022 № 455 «Об утверждении Правил верификации результатов реализации климатических проектов» // Официальный интернет-портал правовой информации. 25.03.2022. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202203250027?ysclid=m9s5u474kk906401231> (дата обращения: 14.02.2025); Собрание законодательства РФ. 28.03.2022. № 13. Ст. 2115.

достоверности сведений, содержащихся в отчете о реализации климатического проекта.

По итогам верификации отчета о реализации климатического проекта ОВВПГ вправе сформировать два типа выводов: первый – о достоверности верифицированных данных (положительное заключение), второй – о том, что такие данные недостоверны либо об отсутствии у ОВВПГ достаточных доказательств для принятия решения о достоверности или недостоверности данных (отрицательное заключение).

Положительное заключение о верификации, выданное ОВВПГ, предоставляет исполнителю климатического проекта право инициировать выпуск в обращение углеродных единиц. Этот факт значительно повышает уровень ответственности руководителя ОВВПГ, а также сотрудников ОВВПГ, подготовивших или проверивших заключение о верификации и подготовивших отчет о верификации.

Необходимо отметить, что высокий уровень риска ответственности ОВВПГ за достоверность результатов валидации климатических проектов и верификации результатов реализации климатических проектов, в том числе за обоснованность выводов и выдачу положительных или отрицательных заключений может быть минимизирован посредством соблюдения ОВВПГ критериев аккредитации, в том числе осуществлением мониторинга за изменениями требований к деятельности ОВВПГ и своевременным переходом на выполнение положений новых версий документов.

Критерии аккредитации ОВВПГ определены приказом Минэкономразвития России от 26 октября 2020 г. № 707¹⁴. Перечень документов по стандартизации для выполнения ОВВПГ в целях обеспечения ими соответствия критериям аккредитации включает национальные стандарты ГОСТ Р ИСО/МЭК 17029-2022 «Оценка соответствия. Общие принципы и требования к органам по валидации и верификации»¹⁵, идентичный международному стандарту ISO/IEC 17029:2019 «Conformity assessment – General principles and requirements for validation and verification bodies», и ГОСТ Р ИСО 14065-2022¹⁶,

¹⁴ Приказ Минэкономразвития РФ от 26.10.2020 № 707 (ред. от 23.01.2023) «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации» (Зарегистрировано в Минюсте России 16 ноября 2020 г. № 60907) // КонтупНорматив. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=456476&ysclid=m7x5t09wtd652351560> (дата обращения: 14.02.2025).

¹⁵ ГОСТ Р ИСО/МЭК 17029-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка соответствия. Общие принципы и требования к органам по валидации и верификации утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому, регулированию и метрологии от 19 сентября 2022 г. № 953-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации» // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193363?ysclid=m7x63i0x4o666414583> (дата обращения: 14.02.2025).

¹⁶ ГОСТ Р ИСО 14065-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Общие принципы и требования к органам по валидации и верификации экологической информации, утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому

идентичный международному стандарту ISO 14065:2020 «General principles and requirements for bodies validating and verifying environmental information». В целях обеспечения ОБВПП соответствия вышеуказанным стандартам и критериям аккредитации ОБВПП должны также выполнять национальные стандарты ГОСТ Р ИСО 14064-3-2021, идентичный международному стандарту ISO 14064-3:2019 «Greenhouse gases – Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements», ГОСТ Р ИСО 14066-2013¹⁷, идентичный международному стандарту ISO 14066:2011 «Greenhouse gases – Competence requirements for greenhouse gas validation teams and verification teams», а также IAF MD 6:2014 «Обязательный документ IAF для применения стандарта ISO 14065:2013»¹⁸. Вместе с тем важным обстоятельством являются положения о том, что в случае внесения изменений, издания новой версии документа по стандартизации или введения в действие документа по стандартизации взамен вышеуказанных национальных стандартов Российской Федерации и документа международных организаций в области аккредитации необходимо применять действующий документ по стандартизации до внесения соответствующих изменений в приказ Минэкономразвития России от 26 октября 2020 г. № 707.

В августе 2023 г. Международной организацией по стандартизации (ISO) отозван международный стандарт ISO 14066:2011, взамен которого опубликован ISO 14066:2023 «Environmental information – Competence requirements for teams validating and verifying environmental information»¹⁹, в связи с чем на 37-й Генеральной ассамблее IAF была принята резолюция (2023-15), устанавливающая для ISO 14066:2023 двухлетний переходный период, который исчисляется с 31 августа 2023 г.²⁰ Таким образом, первое важное изменение в деятельности ОБВПП коснется перехода к выполнению требований национального стандарта, идентичного ISO 14066:2023.

регулированию и метрологии от 25 октября 2022 г. № 1187-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации» // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200193813?ysclid=m7x69fwdw1659960356> (дата обращения: 14.02.2025).

¹⁷ ГОСТ Р ИСО 14066-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Парниковые газы. Требования к компетентности групп по валидации и верификации парниковых газов (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2013 г. № 2274-ст) // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108768?ysclid=m7x6j7gmle664744804> (дата обращения: 14.02.2025).

¹⁸ Официальный перевод IAF MD 6:2014 на русский язык зарегистрирован ФГБУ «РСТ» 17 ноября 2021 г., регистрационный № 2878/IAF MD.

¹⁹ ISO 14066:2023 Environmental information – Competence requirements for teams validating and verifying environmental information. URL: <https://www.iso.org/standard/82544.html> (accessed: 14.02.2025).

²⁰ IAF. URL: <https://iaf.nu/resolutions/transitional-arrangements-for-iso-140662023/> (accessed: 14.02.2025).

В целях обеспечения применения актуальных версий международных стандартов Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 1 января 2025 г. введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р ИСО 14066-2024 «Экологический менеджмент. Требования к компетентности групп по валидации и верификации экологической информации»²¹, идентичный международному стандарту ISO 14066:2023. Изменения, коснувшиеся структуры введенного в действие стандарта, наглядно отражают нововведения в деятельности по обеспечению компетентности персонала ОВВПГ (табл.).

Сравнение содержания ГОСТ Р ИСО 14066-2013 и ГОСТ Р ИСО 14066-2024

ГОСТ Р ИСО 14066-2013	ГОСТ Р ИСО 14066-2024
Предисловие	Предисловие
Введение	Введение
1 Область применения	1 Область применения
2 Нормативные ссылки	2 Нормативные ссылки
3 Термины и определения	3 Термины и определения
3.1 Термины, связанные с требованиями к компетентности	3.1 Термины, относящиеся к компетентности
3.2 Термины, связанные с парниковыми газами	3.2 Термины, относящиеся к экологической информации
3.3 Термины, связанные с субъектами деятельности и организациями	3.3 Термины, относящиеся к персоналу и организации
3.4 Термины, связанные с валидацией и верификацией парниковых газов	3.4 Термины, относящиеся к валидации и верификации
<i>Отсутствует</i>	3.5 Термины, относящиеся к долговым инструментам
4 Принципы	4 Принципы
4.1 Общие положения	4.1 Общие принципы
4.2 Независимость	<i>Отсутствует</i>
4.3 Целостность	4.2 Целостность
4.4 Достоверное представление	4.3 Достоверное и объективное представление
4.5 Надлежащая профессиональная осторожность	4.4 Должная осмотрительность
4.6 Профессиональная проницательность	4.5 Профессиональная проницательность
<i>Отсутствует</i>	4.6 Беспристрастность
4.7 Подход к доказательству	4.7 Подход, основанный на фактических данных
<i>Отсутствует</i>	5 Применение принципов
5 Компетентность группы	6 Компетентность группы
5.1 Общие положения	6.1 Общие положения
5.2 Знания	6.2 Знания
5.2.1 Общие положения	6.2.1 Общие положения
5.2.2 Знание программы по парниковым газам	6.2.2 Знание программы экологической информации

²¹ ГОСТ Р ИСО 14066-2024. Национальный стандарт Российской Федерации.

Экологический менеджмент. Требования к компетентности групп по валидации и верификации экологической информации (утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 октября 2024 г. № 1397-ст) // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1309958865?ysclid=m8ly5xr86572250380> (дата обращения: 14.02.2025).

Продолжение табл.

ГОСТ Р ИСО 14066-2013	ГОСТ Р ИСО 14066-2024
5.2.3 Технические знания и опыт	6.2.3 Знание количественной и качественной информации
	6.2.4 Дополнительные знания для деклараций на уровне организации
	6.2.5 Дополнительные знания для верификации деклараций об экологической информации продукции
	6.2.6 Дополнительные знания для валидации/верификации деклараций об экологической информации проекта
5.2.4 Знания и опыт по аудиту данных и информации	6.2.7 Знания в области аудита
5.2.5 Знания и опыт руководителя группы	<i>Отсутствует</i>
5.3 Навыки	6.3 Навыки
<i>Отсутствует</i>	6.3.1 Навыки группы
<i>Отсутствует</i>	6.3.2 Навыки руководителя группы
6 Компетенция сектора	<i>Отсутствует</i>
<i>Отсутствует</i>	7 Компетентность технических экспертов
<i>Отсутствует</i>	8 Компетентность независимого эксперта-рецензента
7 Компетентность в области анализа заявлений о валидации или верификации парниковых газов	<i>Отсутствует</i>
8 Развитие и поддержание знаний и навыков в области валидации и верификации парниковых газов	9 Демонстрация и поддержание знаний и навыков в области валидации и верификации
8.1 Общие положения	<i>Отсутствует</i>
8.2 Демонстрация знаний и навыков	9.1 Демонстрация знаний и навыков
8.3 Поддержание знаний и навыков	9.2 Поддержание знаний и навыков
Приложение А (справочное) Доказательства и применение принципа профессиональной проницательности (4.6)	Приложение А (справочное) Доказательства и применение принципа профессионального скептицизма
Приложение В (справочное) Методы оценки компетентности членов групп по валидации или верификации парниковых газов	Приложение В (справочное) Методы оценки компетентности групп по валидации или верификации парниковых (включая технических экспертов) и независимых экспертов-рецензентов
Приложение С (справочное) Идентификация компетентности членов группы по компетенциям секторов	<i>Отсутствует</i>
Приложение D (справочное) Связь между требованиями к компетенции в области валидации и верификации (установленными в ИСО 14065:2007) и требованиями к компетентности, необходимыми группам по валидации и верификации парниковых газов	<i>Отсутствует</i>
Приложение E (справочное) Пример обязательного начального уровня осведомленности для лиц, начинающих обучение в качестве членов группы по валидации или верификации парниковых газов	Приложение С (справочное) Пример обязательного начального уровня осведомленности для лиц, начинающих обучение для участия в валидации и верификации
Приложение F (справочное) Личные качества	Приложение D (справочное) Личные качества
<i>Отсутствует</i>	Приложение E (справочное) Дополнительные требования, применимые к валидации, верификации и AUP-процедурам
<i>Отсутствует</i>	Приложение F (справочное) Дополнительные требования, применимые к валидации, верификации и AUP-процедурам парниковых газов

Окончание табл.

ГОСТ Р ИСО 14066-2013	ГОСТ Р ИСО 14066-2024
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылчных международных стандартов соответствующим национальным стандартам	Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылчных международных стандартов соответствующим национальным стандартам
Библиография	Библиография

Источник: составлено авторами на основании ГОСТ Р ИСО 14066-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Парниковые газы. Требования к компетентности групп по валидации и верификации парниковых газов, утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2013 г. № 2274-ст «Об утверждении национального стандарта»; ГОСТ Р ИСО 14066-2024. Национальный стандарт Российской Федерации. Парниковые газы. Требования к компетентности групп по валидации и верификации парниковых газов, утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 октября 2024 г. № 1397-ст.

В отличие от утратившего силу ГОСТ Р ИСО 14066-2013 область применения ГОСТ Р ИСО 14066-2024 расширена с парниковых газов до заявлений об экологической информации. Новой версией стандарта введены дополнительные определения терминов, связанных с валидацией и верификацией, а также термины, относящиеся к долговым инструментам, такие как «эмитент» и «заемщик». Добавлен принцип, связанный с беспристрастностью, а также введена ранее отсутствовавшая обязанность членов групп по валидации и верификации (включая технических экспертов) и независимых экспертов-рецензентов при выполнении своей работы учитывать установленные принципы [3; 4]. Детализированы требования к компетентности всех участников процедур валидации и верификации. Стандарт также дополнен приложениями, определяющими дополнительные требования к компетентности для определенных типов заявлений об экологической информации [5].

В стремлении соответствовать международным требованиям, а также обеспечить условия для признания заключений о валидации и верификации российских ОВВПГ за рубежом Росаккредитацией определено, что с 1 марта 2025 г. при предоставлении государственных услуг по аккредитации, расширению области аккредитации, подтверждению компетентности аккредитованных лиц оценка соответствия заявителей, аккредитованных лиц критериям аккредитации будет проводиться с учетом требований ГОСТ Р ИСО 14066-2024, в том числе в отношении государственных услуг, заявления на предоставление которых поступили в национальный орган по аккредитации до 1 марта 2025 г. и в рамках которых не осуществлялась выездная оценка. ОВВПГ, аккредитованные в национальной системе аккредитации, должны подтвердить переход на ГОСТ Р ИСО 14066-2024 до 30 августа 2025 г.²²

²² Документ системы менеджмента Федеральной службы по аккредитации (Росаккредитация) СМ № 03.1-9.0002. Версия 06.1 Июль 2024 г. Схема аккредитации органов по валидации и верификации парниковых газов в национальной системе аккредитации // Электронный фонд актуальных правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1306917557> (дата обращения: 14.02.2025).

Результаты

Анализ практики перехода ОВВПГ на новые версии стандартов показал, что для перехода на ГОСТ Р ИСО 14066-2024 ОВВПГ должны провести сопоставительный анализ требований ГОСТ Р ИСО 14066-2013 и ГОСТ Р ИСО 14066-2024, оценку соответствия своей деятельности требованиям и выявить имеющиеся пробелы, а также разработать необходимый план перехода. При этом ОВВПГ должен обеспечить, чтобы персонал, деятельность которого подверглась изменениям, имел необходимые подтвержденные компетенции в области применения ГОСТ Р ИСО 14066-2024 в сочетании с ГОСТ Р ИСО/МЭК 17029-2022, ГОСТ Р ИСО 14065-2022 и ГОСТ Р ИСО 14064-3-2021. Руководство ОВВПГ должно обладать необходимыми навыками по реализации процесса перехода на выполнение новых требований. Результативность мероприятий по переходу на ГОСТ Р ИСО 14066-2024 оценивается ОВВПГ в рамках внутренних аудитов системы менеджмента ОВВПГ. Как правило, если требования по переходу на новую версию стандарта не были оценены органом по аккредитации в ходе периодической оценки (подтверждения компетентности) ОВВПГ направляет в аккредитовавший его орган отчет о выполнении плана перехода с приложением документов, подтверждающих выполнение всех запланированных мероприятий.

Второе изменение в деятельности ОВВПГ, ожидаемое в 2025 г., связано с переходом на новую версию IAF MD 6. 11 сентября 2024 г. на официальном сайте IAF опубликован IAF MD 6:2024 «Обязательный документ IAF для применения стандарта ISO 14065:2020» (IAF MD 6:2024 Application of ISO 14065:2020)²³. После регистрации ФГБУ «РСТ» официального перевода IAF MD 6:2024 на русский язык указанный документ станет обязательным для исполнения ОВВПГ.

Выводы

Таким образом, своевременное внесение изменений в деятельность ОВВПГ является крайне важным шагом на пути достоверного отражения экологической информации и приносит значительные преимущества как самим ОВВПГ, стремящимся удовлетворить запросы заказчиков, так и государству, заинтересованному в реальной оценке выбросов и поглощений парниковых газов, необходимой в том числе для выработки стратегии по достижению углеродной нейтральности. Деятельность по внедрению новых версий национальных стандартов и документов международных организаций по аккредитации обусловлена обязанностью ОВВПГ соблюдать критерии аккредитации²⁴.

²³ IAF Mandatory Document for the Application of ISO 14065:2020. Issue 3, Version 2. (IAF MD 6:2024). URL: https://iaf.nu/iaf_system/uploads/documents/IAF_MD_6_Issue_3_Version2_11092024.pdf (accessed: 14.02.2025).

²⁴ См. п. 1 ч. 1 ст. 13 Федерального закона от 28.12.2013 г. № 412-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024) // КонтурНорматив. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=453351&ysclid=m82xi4xdha764605531> (дата обращения: 14.02.2025).

Список литературы

- [1] *Hoogerbrugge C., van de Kaa G., Chappin E.* Adoption of quality standards for corporate greenhouse gas inventories: The importance of other stakeholders // *International Journal of Production Economics*. 2023. Vol. 260. Article no. 108857. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108857> EDN: YNISYX
- [2] *Ahmad Kh., Irshad Younas Z., Manzoor W., Safdar N.* Greenhouse gas emissions and corporate social responsibility in USA: A comprehensive study using dynamic panel model // *Heliyon*. 2023. Vol. 9, no. 3. Article no. e13979. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13979> EDN: LRGWRR
- [3] *Röck M., Ruschi M., Saade M., Balouktsi M.* Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation // *Applied Energy*. 2020. Vol. 258. Article no. 114107. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>
- [4] *Atedhor G.O.* Greenhouse gases emissions and their reduction strategies: Perspectives of Africa's largest economy // *Scientific African*. 2023. Vol. 20. Article no. e01705. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01705>.
- [5] *Cenci S., Biffis E.* Lack of harmonisation of greenhouse gases reporting standards and the methane emissions gap // *Nature Communications*. 2025. Vol. 16. Article no. 1537. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56845-3>

Сведения об авторах:

Савенкова Елена Викторовна, доктор экономических наук, профессор, директор института экологии, руководитель органа по валидации и верификации парниковых газов, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-3978-0871; eLIBRARY SPIN-код: 9083-6539; Scopus AuthorID: 57190004814. E-mail: savenkova_ev@pfur.ru

Куш Иван Александрович, директор департамента международного сотрудничества в сфере природных ресурсов и охраны окружающей среды Минприроды России, Российская Федерация, 123812, г. Москва, Большая Грузинская ул., д. 4/6.

Сушецкий Денис Викторович, доцент кафедры стратегического развития и международной интеграции национальной системы аккредитации, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. E-mail: SukhetskyDV@fsa.gov.ru

Цибарева Дарья Олеговна, студент, специальность 05.03.06 «Экология и природопользование», Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. E-mail: tsibareva_do@pfur.ru



DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-145-154

EDN: GXRQDZ

УДК 631.95

Научная статья / Research article

Влияние биоутилизации на показатели качества и безопасности лузги подсолнечника

О.А. Миронова¹  , А.А. Киричук¹ ,А.П. Кармазин¹ , Л.П. Миронова² ¹Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация²Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский,

Октябрьский район, Ростовская область, Российская Федерация

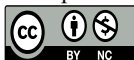
m2889888@mail.ru

Аннотация. Подсолнечная лузга образуется при производстве подсолнечного масла и из-за плохой усвояемости организмом не может широко использоваться для кормления животных. Авторы изучили влияние микробиологического ферментирования при ферментации в течение 12 и 24 ч на показатели качества и безопасности лузги подсолнечника. По результатам лабораторных исследований доказано, что, во-первых, независимо от времени микробиологического ферментирования, достоверно уменьшились массовая доля влаги, сырого жира, сырой клетчатки; увеличились массовая доля сырого протеина, сырой золы, содержание крахмала; показатель уровня обменной энергии для всех видов животных и содержание растворимых углеводов выросли, однако разница была недостоверной; во-вторых, полученный ферментированный продукт отвечает требованиям биологической и химической безопасности, предъявляемым к кормам для животных.

Ключевые слова: утилизация, микробиологическое ферментирование, физико-химические показатели качества, микотоксины, химически опасные вещества, ГМО, генетически модифицированные организмы

Вклад авторов. *Миронова О.А.* – концептуализация, разработка методологии исследования, работа с программным обеспечением, курирование данных, написание – подготовка черновика рукописи; *Миронова Л.П.* – визуализация, проведение исследования; *Киричук А.А.* – научное руководство исследованием; *Кармазин А.П.* – программное обеспечение, валидация данных. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

© Миронова О.А., Киричук А.А., Кармазин А.П., Миронова Л.П., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

История статьи: поступила в редакцию 15.01.2025; доработана после рецензирования 27.01.2025; принята к публикации 25.02.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Миронова О.А., Киричук А.А., Кармазин А.П., Миронова Л.П. Влияние биоутилизации на показатели качества и безопасности лузги подсолнечника // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 145–154. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-145-154>

Influence of bioutilization on quality and safety indicators of sunflower husk

Olga A. Mironova¹, Anatoly A. Kirichuk¹,
Anton P. Karmazin¹, Lyudmila P. Mironova²

¹*RUDN University, Moscow, Russian Federation*

²*Don State Agrarian University, Persianovski settlement, Otyabrski district, Rostov region, Russian Federation*

m2889888@mail.ru

Abstract. Sunflower husk is formed during the production of sunflower oil and due to its poor digestibility by the body, cannot be widely used for animal feed. The authors studied the effect of microbiological fermentation during fermentation for 12 and 24 hours on the quality and safety indicators of sunflower husk. The results of laboratory studies have proven that 1) regardless of the time of microbiological fermentation, the mass fraction of moisture, crude fat, and crude fiber significantly decreased; the mass fraction of crude protein, crude ash, and starch content increased; the level of metabolic energy for all animal species and the content of soluble carbohydrates increased, but the difference was not significant; 2) the resulting fermented product meets the biological and chemical safety requirements for animal feed.

Keywords: utilization, microbiological fermentation, physicochemical quality indicators, mycotoxins, chemically hazardous substances, GMO, Genetically Modified Organism

Authors' contribution. *Mironova O.A.* – conceptualisation, development of research methodology, work with software, data curation, writing – preparation of draft manuscript; *Mironova L.P.* – visualisation, conducting the study; *Kirichuk A.A.* – scientific supervision of the study; *Karmazin A.P.* – software, data validation. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 15.01.2025; revised 27.01.2025; accepted 25.02.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Mironova OA, Kirichuk AA, Karmazin AP, Mironova LP. Influence of bioutilization on quality and safety indicators of sunflower husk. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):145–154. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-145-154>

Введение

Твердыми отходами при производстве подсолнечного масла являются отходы очистки семян подсолнечника, которых ежегодно образуется порядка 100 тыс. т, четверть из них размещается на полигонах ТКО. Данные отходы создают экологические и экономические проблемы для масложировых предприятий и территорий, на которых они расположены [1; 2]. Другой твердый отход – подсолнечная лузга, образуется при производстве подсолнечного масла в количестве в 1–2 млн т ежегодно. Лузга, отделяемая от семян подсолнечника в процессе их подготовки к извлечению масла, представляет собой одревесневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, с постоянным химическим составом и физико-механическими свойствами [3].

Лузгу гранулируют, брикетируют или сжигают в чистом виде для получения технологического пара и даже электроэнергии для его использования в производстве [4; 5], производят из нее теплоизоляцию и абразивные материалы [6; 7, с. 155].

Кроме того, лузгу используют в составе кормов для животных с целью снижения затрат на кормление, но процент ее использования невысок [8; 9].

Лузга содержит большое количество сырой клетчатки и других питательных веществ, важных для правильного пищеварения животных и увеличения содержания в кормах дополнительных питательных веществ. Однако питательные вещества, содержащиеся в нативной лузге, мало доступны для пищеварения животных [10].

Ученые работают над изысканием способов улучшения питательных свойств лузги подсолнечника и доступности ее для пищеварительной функции организма. Так, известны научные разработки по созданию корма для животных и кормовых добавок на основе лузги подсолнечника¹ [11; 12].

¹ См.: Патент № 2 817 620 С1 Российская Федерация, МПК А23К50/10 А23К10/30. Кормовая добавка для крупного рогатого скота на основе ферментированной лузги подсолнечника: RU2023131771А ; заявл. 12.04.2023 ; опубл. 17.04.2024 / Мирошников С.А., Шейда Е.В., Дускаев Г.К., Проскурин Д.А., Овечкин М.В., Рахматуллин Ш.Г. ; заявитель и патентообладатель : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий российской академии наук». Бюл. № 11; Патент на изобретение № 2 667 784 Российская Федерация, МПК А23К 50/00, А23К 10/30. Корм для животных на основе лузги подсолнечника и способ его получения : заявл. 12.09.2017 ; опубл. 24.09.2018 / Степанова О.В., Степанов В.В. ; патентообладатель : Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «РОСТ». Бюл. № 27.

Эффективным методом утилизации целлюлозосодержащих отходов сельскохозяйственного производства является биоферментирование с помощью микроорганизмов². Специально подобранная ассоциация микроорганизмов, названная в честь автора закваски Леснова, действие которой основано на методе твердофазной биоферментации, испытана на многих субстратах, в том числе на пшеничной и ржаной соломе, отходах выращивания грибов вешенки, отрубях и др. с положительным результатом [2; 13]. Доказано, что препарат повышает питательность грубых кормов на 80–100 %, крахмалистых и сахаристых на 15–20 %, обогащает корма витаминами В, Д, РР, К, Е, Н, не влияет отрицательно на показатели биологической и химической безопасности [6; 4; 8].

В доступной нам литературе мы не нашли публикаций о научных исследованиях по изучению влияния микробиологического ферментирования с использованием закваски Леснова на лузгу подсолнечника.

Цель исследования – изучение влияния микробиологического ферментирования при ферментации в течение 12 и 24 ч на показатели качества и безопасности лузги подсолнечника.

Материалы и методы

Исследования нативных и ферментированных образцов лузги подсолнечника проводили в 2024 г. Объектами исследований были 18 проб лузги подсолнечника: шесть образцов до ферментации (нативных), шесть, подвергнутых двенадцатичасовой ферментации, и шесть – после 24-часовой ферментации с использованием закваски Леснова. Физико-химические показатели качества, содержание микотоксинов: афлатоксина В1, дезоксиниваленола, зеараленона, охратоксина А, Т-2 токсина; пестицидов, нитратов и нитритов, токсичных элементов и ГМО исследовали в Испытательной лаборатории ФГБУ «Центр оценки качества зерна» по г. Москве и Московской области согласно действующей нормативной документации (НД) с использованием методов и методик лабораторных исследований испытуемых субстратов: качественного и количественного химического анализа; высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ); газовой хроматографии (ГХ); атомно-абсорбционной спектрометрии и др. Лабораторные методы исследований качества (ГОСТ Р 54951–2012; ГОСТ 27979–88; ГОСТ 13496.4–2019, п. 8; ГОСТ 32905–14; ГОСТ 31675–2012, п. 7; ГОСТ 26226–95, п. 1; ГОСТ 26176–2019, п. 9; ГОСТ Р 54078–2010 приложение А; ГОСТ ISO 6493–2015; ГОСТ 26483), химические элементы (ГОСТ 32343–2013) и безопасности кормов: микотоксины (ГОСТ 30711–2001; ГОСТ EN 15851–2013; ГОСТ 31691–2012; МУК 4.1 2204–07; инструкция Р43/В); пестициды (DIN EN 15662 2018); нитраты (ГОСТ 13496 19–2015), нитриты

² Патент № 2 122 330 С1 Российская Федерация, МПК

A23K 1/12. Способ использования закваски в кормосмеси. Закваска Леснова для приготовления кормов : заявл. 02.10.1997 ; опубл. 27.11.1998 / Леснов П.А. EDN: ZRHZQL.

(ГОСТ 13496 19–2015); токсичные элементы (ГОСТ Р 53100–2008; ГОСТ 31 650–2012), ГМО (ГОСТ Р 53214–2008).

Результаты исследования

После микробиологической ферментации лузги подсолнечника в течение 12 ч массовая доля влаги уменьшилась на 9,6 %, после ферментации в течение 24 ч – на 22,3 % (*).

Массовая доля сырого жира в сухом веществе после ферментации субстрата в течение 12 ч уменьшилась в 1,3 раза (*) в сравнении с исходным уровнем, после обработки в течение 24 ч – в 1,8 раза (*).

Массовая доля сырого протеина в пересчете на сухое вещество через 12 ч ферментации выросла на 6,7 %, через 24 часа обработки лузги подсолнечника – на 23,0 % в сравнении с нативным продуктом (*) (табл. 1).

Таблица 1. Влияние продолжительности биоферментации на физико-химические показатели лузги подсолнечника

Показатели, ед. измерения	Образец (n = 6)		
	до ферментации	после ферментации	
		12 ч	24 ч
Массовая доля влаги, %	9,4 ± 1,2	8,5 ± 1,3	7,3 ± 1,1*
Массовая доля сырого жира, в пересчете на сухое вещество, %	9,8 ± 0,44	7,60 ± 0,46 *	5,40 ± 0,49 *
Массовая доля сырого протеина в пересчете на сухое вещество, %	12,11 ± 0,66	12,92 ± 0,54	14,90 ± 0,67 *
Массовая доля сырой золы, в пересчете на сухое вещество, %	6,80 ± 0,31	8,81 ± 0,52*	10,20 ± 0,44*
Массовая доля сырой клетчатки в пересчете на сухое вещество	19,4 ± 1,5	15,8 ± 1,7*	12,1 ± 1,9*
Обменная энергия, МДж/кг /			
– КРС	8,4	8,8	8,9
– свиньи	5,4	5,9	5,8
– птицы	10,4	11,6	12,5
– овцы	9,3	10,6	10,5
Массовая доля растворимых углеводов	8,8 ± 0,4	9,6 ± 0,8	10,1 ± 0,8
Содержание крахмала в пересчете на сухое вещество, г/кг	24,2 ± 3,4	30,5 ± 3,1	31,3 ± 3,4
pH, ед.	6,7 ± 0,10	6,7 ± 0,10	6,8 ± 0,12

Примечание: * р < 0,05 относительно контроля.

Источник: составлено О.А. Мироновой, А.А. Киричуком, А.П. Кармазиным, Л.П. Мироновой.

Доля сырой золы в пересчете на сухое вещество после 12 ч микробиологической ферментации лузги подсолнечника увеличилась в 1,3 раза (*), после 24 ч ферментации – в 1,5 раза (*).

Массовая доля сырой клетчатки в пересчете на активное сухое вещество после 12-часовой ферментации снизилась на 30,6 % (*) и после 24-часовой ферментации препаратом Леснова – на 60,3 % в сравнении с исходным уровнем до ферментации (*).

Обменная энергия после обработки лузги подсолнечника закваской Леснова в течение 12 ч для всех видов животных повысилась на 4,8 % – для

крупного рогатого скота, на 9,3 % – для свиней, на 11,5 % – для сельскохозяйственной птицы, на 11,4 % – для овец в сравнении с нативным продуктом и после 24 ч ферментирования продукта соответственно на 10,6, 10,7, 12,0, 11,3 %.

Массовая доля растворимых углеводов после ферментации лузги подсолнечника закваской Леснова в течение 12 ч повысилась в сравнении с исходным уровнем до ферментации на 10,9 %, через 24 ч ферментации – на 11,5 %.

Содержание крахмала в пересчете на сухое вещество после ферментации лузги подсолнечника закваской Леснова в течение 12 ч выросло на 26,2 % (*), после ферментирования субстрата в течение 24 ч на 29,3 % (*) в сравнении с исходным субстратом.

После 12 ч ферментации лузги подсолнечника pH не изменился, через 24 часа ферментации произошел сдвиг в щелочную сторону – на 1,5 %.

Таким образом, после ферментирования лузги подсолнечника закваской Леснова достоверно изменились следующие показатели: уменьшились массовая доля влаги, сырого жира, сырой клетчатки; увеличилось содержание сырого протеина; массовая доля сырой золы, содержание крахмала; показатель уровня обменной энергии для всех видов животных и содержание растворимых углеводов выросли, однако разница не была достоверной.

Таблица 2. Влияние продолжительности биоферментации на содержание микотоксинов в лузге подсолнечника

Показатели, ед. измерения	Образец (n = 6)		
	до ферментации	после ферментации	
		12 ч	24 часа
Афлатоксин В1, мг/кг (ПДК 0,025-0,1 мг/кг)	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Дезоксиниваленол, мг/кг (ПДК 0,75-1,0 мг/кг)	< 0,058	< 0,058	< 0,058
Зеараленон, мг/кг (ПДК не более 1,0 мг/кг)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Охратоксин А, мг/кг (ПДК не более 0,05 мг/кг)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Т-2 токсин, мг/кг (ПДК не более 0,1 мг/кг)	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Источник: составлено О.А. Мироновой, А.А. Киричуком, А.П. Кармазиным, Л.П. Мироновой.

Содержание афлатоксина В1 в нативном сырье лузги подсолнечника было в 8,3 раза меньше нижнего уровня ПДК и не изменилось после микробиологической ферментации субстрата в течение 12 и 24 ч. Содержание дезоксиниваленола в исходной пробе было в 12,9 раза ниже минимально допустимого уровня ПДК и не изменилось после воздействия на продукт микробиологического ферментирования в течение 12 и 24 ч. В нативном сырье зеараленона было обнаружено в 10,0 раз меньше в сравнении с рекомендуемым ПДК и после микробиологической ферментации в течение 12 и 24 ч осталось на исходном уровне. Охратоксина А в нативном образце лузги подсолнечника было обнаружено в 100 раз меньше ПДК; после ферментации в течение 12 и 24 ч содержание охратоксина А не изменилось. Содержание Т-2 токсина в исходном сырье лузги подсолнечника было в 2,0 раза ниже в сравнении с рекомендуемой ПДК; после ферментации субстрата в течение 12 и 24 ч уровень Т-2 токсина не изменился (табл. 2).

Таким образом, все исследуемые микотоксины в нативных образцах лузги подсолнечника содержались в количествах ниже минимального уровня ПДК: афлатоксин В1 – в 8,3 раза, дезоксиниваленол – 12,9 раза, зеараленон – в 10 раз, охратоксин А – в 100 раз, Т-2 токсин – в 2 раза; после биоферментирования лузги подсолнечника в течение 12 и 24 ч уровни всех исследуемых микотоксинов остались в рамках ПДК.

Таблица 3. Влияние продолжительности биоферментации лузги подсолнечника на содержание химически опасных веществ

Показатели, ед. измерения, ПДК, НД	Образец (n = 6)		
	до ферментации	после ферментации	
		12 ч	24 ч
Пестициды			
Малатион, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг) DIN EN 15662:2018 (ВЭЖХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Пиримитофос-метил, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг) DIN EN 15662:2018 (ГХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Циперметрин, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг) DIN EN 15662:2018 (ГХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Дифлубензурон, мг/кг (ПДК < 0,01 мг/кг) DIN EN 15662:2018 (ВЭЖХ)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Нитраты и нитриты			
Нитраты, мг/кг (ПДК 200,0 мг/кг) ГОСТ 13496.19-2015	289,0 ± 72,0	272,0 ± 52,0	374,0 ± 94,0*
Нитриты, мг/кг (ПДК 10,0 мг/кг) ГОСТ 13496.19-2015	1,56 ± 0,12	2,46 ± 0,11	1,96 ± 0,12
Токсичные элементы			
Свинец, мг/кг (ПДК < 5,0 мг/кг) ГОСТ Р 53100-2008	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Мышьяк, мг/кг (ПДК < 0,5 мг/кг) ГОСТ Р 53100-2008	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Кадмий, мг/кг (ПДК < 0,3 мг/кг) / ГОСТ Р 53100-2008	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ртуть, мг/кг (ПДК < 0,1 мг/кг) / ГОСТ 31650-2012	< 0,025	< 0,025	< 0,025

Примечание: * p < 0,05 относительно контроля.

Источник: составлено О.А. Мироновой, А.А. Киричуком, А.П. Кармазиным, Л.П. Мироновой.

Исходя из данных табл. 3, содержание пестицидов: малатиона, пиримитофос-метила, циперметрина, дифлубензулона, наиболее часто используемых при выращивании и хранении подсолнечника, как в исходном сырье лузги подсолнечника до ферментации, так и после 12- и 24-часового процесса ферментации оставалось ниже ПДК (ниже нижнего предела обнаружения методом ВЭЖХ в соответствии с действующим НД).

Нитраты и нитриты являются нормируемыми показателями безопасности кормов. При исследовании нативных образцов лузги подсолнечника количество нитратов было выше ПДК на 14,5 % и ферментированных 12 и 24 часа соответственно на 13,6 и 18,7 % (*). Содержание нитритов как в нативных образцах лузги подсолнечника, так и ферментированных 12 и 24 часа не превышало норм ПДК.

При исследовании токсичных элементов в нативных и ферментированных в течение 12 и 24 ч образцах лузги подсолнечника различий в содержании

свинца, мышьяка, кадмия и ртути не установлено. Так, содержание свинца было ниже уровня ПДК в 10 раз; мышьяка – в 5 раз; кадмия – в 6 раз; ртути – в 4 раза.

Таким образом, содержание пестицидов, токсичных элементов, нитритов в лузге подсолнечника, как до ферментации, так и после нее независимо от времени ферментации не превышает установленных законодательством норм ПДК; содержание нитратов превышало ПДК в нативном сырье на 14,5 %, при 12-часовой ферментации – на 13,6 % и ферментированных 24 ч – на 18,7 %.

Таблица 4. Качественное определение наличия ГМО в образцах лузги подсолнечника нативных и ферментированных 12 и 24 ч (6 образцов)

Образцы	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Промотор, терминатор	35S t-NOS p-FMV	35S t-NOS p-FMV	35S t-NOS p-FMV	35S t-NOS p-FMV	35S t-NOS p-FMV	35S t-NOS p-FMV
Результат качественного определения регуляторных последовательностей в геноме ГМ-растений (ГОСТ Р 53214-2008)	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

Источник: составлено О.А. Мироновой, А.А. Киричуком, А.П. Кармазиным, Л.П. Мироновой.

В образцах отходов лузги подсолнечника, как до ферментации, так и после нее в течение 12 и 24 ч, лабораторными исследованиями скрининговым методом «Качественное определение регуляторных последовательностей в геноме ГМ-растений (p-35S; t-NOS; p-FMV)» ГМО: промотор 35S, терминатор NOS; промотор FMV – не обнаружены.

Выводы

По результатам лабораторных исследований лузги подсолнечника доказано следующее:

1) независимо от времени ферментирования с использованием микробиологической закваски Леснова достоверно уменьшились массовая доля влаги, сырого жира, сырой клетчатки; увеличились массовая доля сырого протеина, сырой золы, содержание крахмала; показатель уровня обменной энергии для всех видов животных и содержание растворимых углеводов выросли, однако разница не была достоверной;

2) полученный ферментированный продукт отвечает требованиям биологической и химической безопасности, предъявляемым к кормам для животных.

Список литературы

- [1] Полетаева М.А., Сусоева М.А. Утилизация отбелочной глины при производстве растительных масел // Ползуновский вестник. 2014. № 3. С. 249–251. EDN: TBEKRD
- [2] Собченко А.А., Костогрыз К.П., Хвастухин Ю.И., Роман С.Н. Очистка и переработка отходов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2012. № 3. С. 44–48.

- [3] *Yang K, Qing Y, Yu Q, Tang X, Chen G, Fang R, Liu H.* By-product feeds: current understanding and future perspectives // *Agriculture*. 2021. Vol. 11, no. 3. Article no. 207 <https://doi.org/10.3390/agriculture11030207> EDN: ORLHDB
- [4] *Миронова О.А., Леснов А.П., Миронова Л.П., Миронова А.А., Егоров М.И.* Перспективы использования технологических отходов промышленного производства грибов вешенки после ферментирования закваской Леснова в качестве корма для крупного рогатого скота // *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2023. № 1. 47. С. 117–124. EDN: NHLFQV
- [5] *Миронова О.А., Кармазин А.П., Леснов А.П.* Сравнение физико-химических показателей субстрата, использованного при промышленном выращивании вешенки, и пшеничной соломы, ферментированных закваской Леснова // *Кормопроизводство*. 2023. № 6. С. 32–35. <https://doi.org/10.25685/krm.2023.6.2023.005> EDN: NPWKPS
- [6] *Листопад В.Л.* Перспективные направления стратегии компаний в связи с изменением тенденций масложирового рынка Украины // 13-я Международная конференция «Масложировая индустрия – 2013», 23–24 октября 2013 г. : сборник докладов. Санкт-Петербург, 2013. С. 26–27.
- [7] *Степанова И.А., Степанов А.С.* Утилизация отходов агропромышленного комплекса / Оренбургский государственный университет. Оренбург, 2009. 172 с.
- [8] *Хусид С.Б., Гнеуш А.Н., Нестеренко Е.Е.* Подсолнечная лузга как источник получения функциональных кормовых добавок // *Научный журнал КубГАУ*. 2015. № 107. С. 142–155. EDN: TPWDPF
- [9] *Nitschke M., Silva S.S.* Recent food applications of microbial surfactants // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. Vol. 58, iss. 4. P. 631–638. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1208635>.
- [10] *Новгородов О.А., Якименко А.В.* Применение отходов производства растительного происхождения для сельскохозяйственных животных // *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. : в 5 томах. Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г. Дальневосточный ГАУ. Дальневосточный государственный аграрный университет, 2024. С. 161–166. EDN: KXCVRC*
- [11] *Кузнецова Н.А., Зинич Л.В.* Вторичная переработка отходов как фактор устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий // *Фундаментальные исследования*. 2021. № 11. С. 120–124. <https://doi.org/10.17513/fr.43132> EDN: DRXАОС
- [12] *Леснов П.А.* Универсальная биологическая закваска // *Комбикормовая промышленность*. 1995. № 6. С. 21.
- [13] *Миронова О.А., Василенко В.Н., Миронова Л.П., Кармазин А.П., Миронова А.А., Леснов А.П.* Показатели безопасности грибного субстрата при ферментации закваской Леснова // *Комбикорма*. 2023. № 9. С. 55–57. <https://doi.org/10.25741/2413-287X-2023-09-4-205> EDN: ZDKGQA

Сведения об авторах:

Миронова Ольга Анатольевна, кандидат биологических наук; заведующий базовой кафедрой фитосанитарной биологии и безопасности экосистем, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»), Российская Федерация, 140150, Московская обл., г. Раменское, р. п. Быково. ORCID: 0000-0002-3263-8100; eLIBRARY SPIN-код: 5108-1323; AuthorID (РИНЦ): 1162836. E-mail: m2889888@mail.ru

Киричук Анатолий Александрович, доктор биологических наук, доцент, директор департамента экологии человека и биоэлементологии, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0001-5125-5116; eLIBRARY SPIN-код: 9483-2011. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Кармазин Антон Павлович, кандидат биологических наук, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0009-0002-7983-3912; eLIBRARY SPIN-код: 9208-7164; AuthorID: 1220654. E-mail: Fumrostov@mail.ru

Миронова Людмила Павловна, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры терапии и пропедевтики, Донской государственный аграрный университет, Российская Федерация, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, д. 24. ORCID: 0000-0001-7263-3307; eLIBRARY SPIN-код: 7132-9082; AuthorID (РИНЦ): 384754; AuthorID (Scopus): 56377146600; Researcher ID (WoS): ABD-5941-2021. E-mail: m2889888@mail.ru

ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

HUMAN ECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-155-166

EDN: HEDJBF

УДК 574

Научная статья / Research article

Тип темперамента как фактор временной адаптации спортсменов высших достижений при трансмеридиональных перемещениях в иные экологические условия**А.А. Киричук¹, Д.М. Максимов², Т.В. Башкирева³**¹*Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация*²*Центральный спортивный клуб армии, г. Москва, Российская Федерация*³*Академия права и управления ФСИН России, г. Рязань, Российская Федерация* kirichuk-aa@rudn.ru

Аннотация. На современном этапе подготовки спортсменов высших достижений к участию в международных соревнованиях необходимо знание влияния психических свойств на эффективность временной адаптации в условиях преодоления нескольких часовых поясов и иных экологических условиях. Состояние организма фиксировалось в покое по показателям вариабельности сердечного ритма в течение 5-минутного замера с использованием аппаратно-статистического комплекса «Варикард». На примере элитных спортсменов-парашютистов выявлено, что устойчивые свойства темперамента мужчин защищают от негативного воздействия стрессоров, влияя на их оценку окружающей среды. Женщины склонны к эмоциональному напряжению и подвержены негативному влиянию трансмеридионального перемещения, поэтому им необходима более ранняя индивидуальная и групповая подготовка к соревнованиям, чем мужчинам.

Ключевые слова: временная адаптация, свойства темперамента, вариабельность сердечного ритма, трансмеридиональное перемещение

Вклад авторов. Башкирева Т.В. – концептуализация, методология, формальный анализ, создание рукописи и ее редактирование, визуализация; Максимов Д.М. – проведение исследования, ресурсы, создание черновика рукописи; Киричук А.А. – общая редакция рукописи. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 22.01.2025; доработана после рецензирования 30.01.2025; принята к публикации 25.02.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Киричук А.А., Максимов Д.М., Башкирева Т.В. Тип темперамента как фактор временной адаптации спортсменов высших достижений при трансмеридиональных перемещениях в иные экологические условия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 155–166. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-155-166>

Type of temperament as a factor of temporary adaptation of athletes of the highest achievements during trans-meridional movements to other environmental conditions

Anatoly A. Kirichuk¹, Dmitry M. Maksimov², Tatyana V. Bashkireva³

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²Central Sports Club of the Army, Moscow, Russian Federation

³Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia, Ryazan, Russian Federation

kirichuk-aa@rudn.ru

Abstract. At the present stage of preparation of athletes of the highest achievements for participation in international competitions it is necessary to know the influence of mental properties on the efficiency of temporary adaptation in the conditions of overcoming several time zones to other environmental conditions. The state of the organism was recorded at rest according to the heart rate variability during a 5-minute measurement using the hardware-statistical complex 'Varicard'. On the example of elite sportsmen parachutists it was revealed that stable properties of men's temperament protect from the negative impact of stressors, influencing their assessment of the environment. Women are prone to emotional stress and are subject to the negative influence of transmeridional movement, so they need earlier individual and group preparation for competitions than men.

Keywords: temporary adaptation, temperamental properties, heart rate variability, trans-meridional movement

Authors' contribution. Bashkireva T.V. – conceptualisation, methodology, formal analysis, manuscript creation and editing, visualization; Maksimov D.M. – research, resources, drafting of the manuscript; Kirichuk A.A. – general revision of the manuscript. All authors were familiarised with the final version of the article and approved itanuscript.

Article history: received 22.01.2025; revised 30.01.2025; accepted 25.02.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Kirichuk AA, Maksimov DM, Bashkireva TV. Type of temperament as a factor of temporary adaptation of athletes of the highest achievements during trans-meridional movements to other environmental conditions. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):155–166. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-155-166>

Введение

Активность любой живой системы связана с непрерывными процессами ассимиляции-диссимиляции в пространстве и времени. И каждая из реакций имеет временную характеристику показателей, обуславливающих адаптационный процесс [1; 2]. На современном этапе подготовки спортсменов к участию в международных соревнованиях необходимо знание закономерностей протекания процессов временной адаптации спортсменов при перелетах через несколько часовых поясов. Актуальным вопросом изучения механизмов адаптации человека в процессе спортивной деятельности является выделение факторов, влияющих на жизнь и здоровье и их взаимодействие с экологическими факторами [3]. Это обеспечивается предварительной подготовкой к новым природно-климатическим и экологическим условиям; смене часовых поясов, состоянию атмосферы в течение дня, нарушению ритма сна и бодрствования; изменению режима питания; саморегуляции психического состояния для успешного выступления на соревнованиях [4–7].

В связи с трансмеридиональными перемещениями возникает реакция на комплекс факторов среды [8; 9]. Отмечается сдвиг суточного ритма времени, что приводит к рассогласованности функциональных систем организма [10]. Рассогласование суточных биоритмов функциональных систем организма и их разнонаправленная динамика в зависимости от перелетов на запад и восток проявляется прежде всего в вегетативных показателях [11; 12]. Временная адаптация рассматривается как процесс привыкания организма к изменению окружающей среды на определенный период времени [9; 12]. В спорте высших достижений актуальным является вопрос безопасности жизни элитных спортсменов. В последние годы отмечается рост внезапной смерти спортсменов от болезней сердечно-сосудистой системы. Одним из методов мониторинга здоровья спортсменов является вариабельность сердечного ритма. Данный метод позволяет быстро определить физиологическое и психическое состояние спортсменов. Есть ряд устойчивых и динамичных показателей, которые указывают на степень напряжения организма, его функциональные возможности и ресурсы.

Исследования показывают, что психологические характеристики личности спортсменов способствуют успешности адаптации к соревновательным условиям [12–14]. Многочисленные психологические факторы (относящиеся к позитивной личности, мотивации, уверенности, сосредоточенности и воспринимаемой социальной поддержке) защищают элитных спортсменов от

негативного воздействия стрессоров, влияя на их оценку окружающей среды и метакогниции [15–17]. Эти процессы способствуют фасилитационным реакциям, которые предшествуют оптимальной спортивной результативности [16]. Среди факторов, оказывающих влияние на адаптацию, особое внимание уделяется типу темперамента и его свойствам. И.П. Павлов отмечал, что личность человека формируется под влиянием как биологической наследственности, так и среды. Сила нервной системы (темперамент) обусловлена наследственными факторами, а характер (форма поведения) во многом состоит из приобретенных привычек [18]. К сильному типу темперамента он относил свойства холерика, сангвиника, флегматика, характеризующиеся устойчивостью и работоспособностью нервной клетки к воздействию различных факторов среды, соответственно к слабому – меланхолика.

В зарубежных исследованиях устойчивость рассматривается как показатель измерения стабильности темперамента, позволяющий сохранять оптимальное функционирование психики в условиях напряжения (стресса). Устойчивость является важным фактором в выступлениях элитных спортсменов. Она помогает преодолевать им невзгоды, с которыми спортсмены сталкиваются ежедневно в своей спортивной карьере [19]. Это динамический процесс, в котором качества устойчивости развиваются на протяжении всей спортивной карьеры спортсменов. Исследованиями установлена связь между устойчивостью, спортивными результатами, образом жизни и факторами, связанными со здоровьем, которую можно определить как способность человека справляться с невзгодами посредством позитивных состояний. Сегодня устойчивость считается динамическим процессом, поскольку люди постоянно развиваются и все встречающиеся невзгоды могут привести к развитию новых когнитивных защитных механизмов, позволяющих адаптироваться к неблагоприятным условиям, включая экологические. Темпераментные особенности спортсменов оказывают влияние на уровень тревожности и спортивные результаты [20–22].

Важным вопросом является выявление значения темперамента в адаптационных процессах спортсменов как защитного механизма при воздействии комплекса факторов среды, включая джетлаг.

Цель исследования – изучение темперамента как фактора временной адаптации на примере спортсменов-парашютистов высших достижений при трансмеридиональных перелетах в иные экологические условия.

Методы исследования

Тип темперамента определялся по методике А. Белова «Формула темперамента» [23]. Состояние организма фиксировалось в покое по показателям вариабельности сердечного ритма в течение 5-минутного замера с использованием аппаратно-статистического комплекса «Варикард». В работе приводится анализ показателей спектральной мощности: TP (ms^2) – суммарная мощность спектра вариабельности сердечного ритма; HF (ms^2) – мощность

спектра высокочастотного компонента; LF (ms^2) – мощность спектра низкочастотного компонента; VLF (ms^2) – мощность спектра сверхнизкочастотного компонента; ULF (ms^2) – мощность спектра ультранизкочастотного компонента и вегетативного гомеостаза (MxDMn ms). Показатели вариабельности сердечного ритма имеют логнормальное распределение, однако их гистограммы напоминают классическую гауссову кривую нормального распределения. В вычислении математических значений: $M \pm m$ и статистическом анализе достоверность различий определялась по t -критерию Стьюдента, корреляция – по Спирмену (r). Для выявления корреляционных взаимосвязей между типом темперамента и спектральной мощностью гармоник показатели спектрального анализа (ms^2) переведены в логарифмическую шкалу в связи с большим диапазоном значений. Рисунки и анализ данных выполнены в программном обеспечении Excel 19, Statistica 13. В анализе также использован методологический принцип «Бритва Оккамы».

Обследовано 20 спортсменов-парашютистов спорта высших достижений (мужчин – 10, женщин – 10) в течение спортивного сезона, осуществляющих многоразовые поездки на международные соревнования и чемпионаты мира с пересечением нескольких часовых поясов в иные природные, климатические, экологические условия, включая пересечение экватора.

Данные, полученные по результатам тестирования на определение типа темперамента, показали, что как мужчины, так и женщины элитные спортсмены-парашютисты имеют смешанный тип темперамента. У мужчин выявлено доминирование свойств сангвиника-флегматика, а у женщин – сангвиника-холерика, а также свойств меланхолика, влияющих на поведение спортсменов (рис. 1).

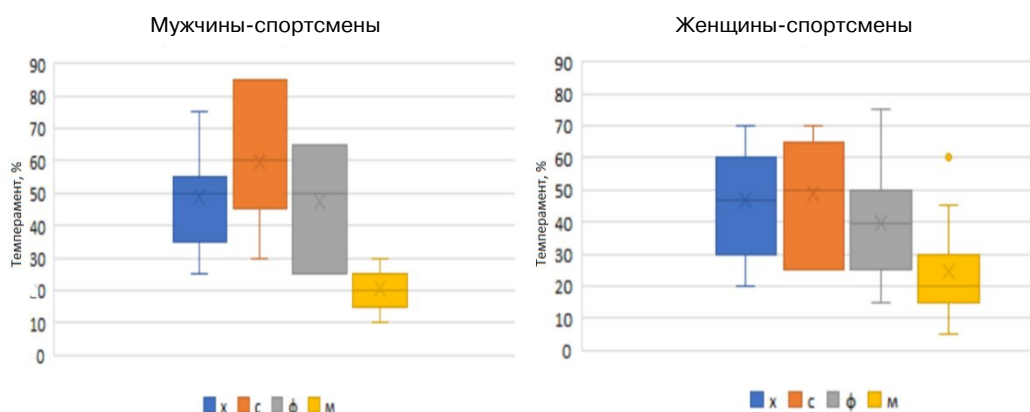


Рис. 1. Свойства темперамента у парашютистов высших достижений, осуществляющих трансмеридиональные перелеты для участия в международных соревнованиях:

х – холерик, с – сангвиник, ф – флегматик, м – меланхолик

Источник: составлено А.А. Киричуком, Д.М. Максимовым, Т.В. Башкиревой.

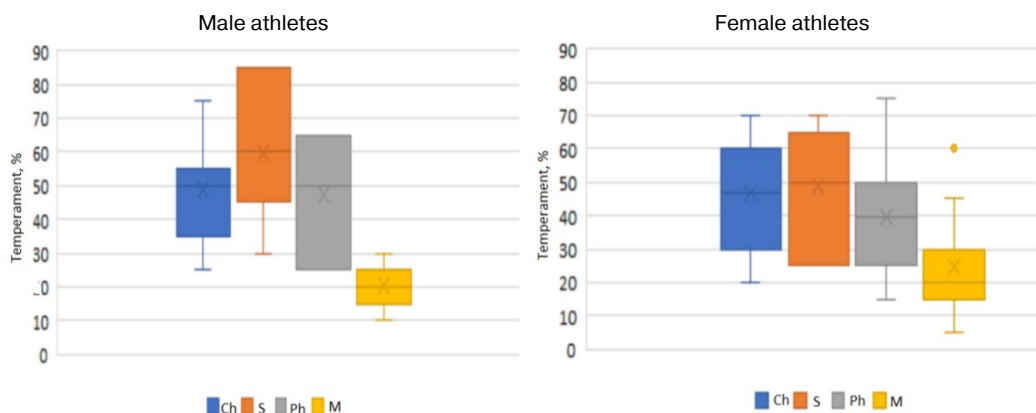


Figure 1. Temperamental properties of high-achieving skydivers performing trans-meridional flights to participate in international competitions:

Ch – choleric, S – sanguine, Ph – phlegmatic, M – melancholic
 Source: compiled by A.A. Kirichuk, D.M. Maksimov, T.V. Bashkireva.

В период обследования как у мужчин-парашютистов ($M = 219,7; \pm = 60,3$), так и женщин ($M = 244,5; \pm = 69,8$) выявлено равновесие между симпатической и парасимпатической нервной системой по показателю вегетативного гомеостаза (MxDMn ms).

Мощность спектра ($TP \text{ ms}^2$) у мужчин достоверно ниже, чем у женщин ($t = 3,12; P < 0,05$). Активность дыхательного центра мужчин в 1,65 раза ниже, чем у женщин. У мужчин спортсменов-парашютистов показатели LF (ms^2) имеют индивидуальный размах ($\sigma \pm 481,9$), тогда как у женщин отмечается плотность распределения ($\pm 275,1$), что характерно для групповых значений. Рефлекторный ответ сердечно-сосудистого подкоркового центра (VLF ms^2) у мужчин также имеет индивидуальные различия ($\pm 699,1$), тогда как у женщин плотность высокая ($\pm 125,2$), что также свидетельствует о групповых явлениях. Эмоциональное напряжение по показателю (ULF ms^2) мужчин достоверно ниже, чем у женщин ($t = 3,15; P < 0,05$). Можно констатировать, что женщины-парашютистки спорта высших достижений склонны к эмоциональному выгоранию при возникновении нетипичной ситуации (рис. 2).

У мужчин-парашютистов высших достижений не выявлено достоверных взаимосвязей между спектральной мощностью и свойствами сильного типа в случае трансмеридионального перелета в иные условия. Это свидетельствует об устойчивости сильного типа к джетлагу и негативным факторам, что позволяет сохранять оптимальное функционирование психики в условиях напряжения. Однако у мужчин выявлена достоверная взаимосвязь между HFlog ($r = -0,5; P < 0,05$) и LFlog ($r = 0,58; P < 0,05$) со свойствами меланхолика. Чем выше уровень свойств меланхолика у мужчин-парашютистов, тем ниже уровень активности дыхательного центра, но выше уровень активности вазомоторного центра. Поскольку в поведении свойства меланхолизма влияют на высокий уровень чувствительности, эмоциональной чувствительности,

эмоциональной нестабильности, то такие спортсмены более подвержены влиянию джетлага и испытывают дополнительные затруднения в адаптации к новым условиям.

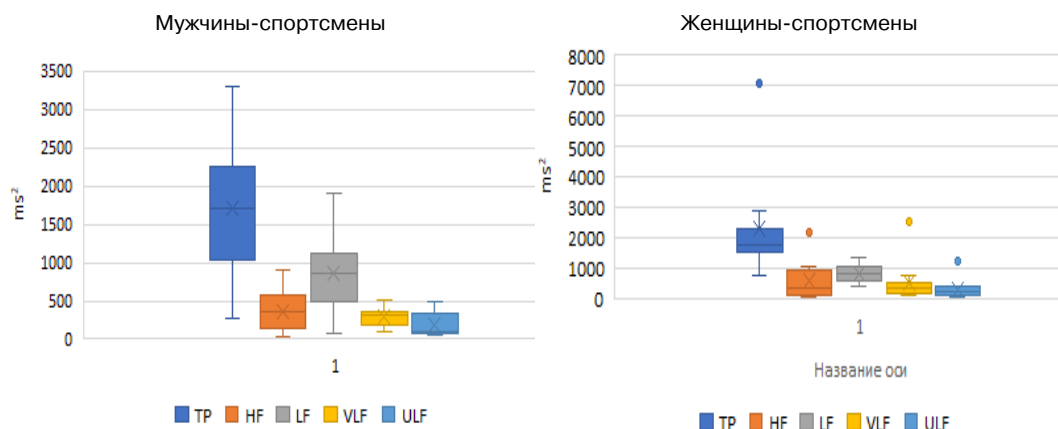


Рис. 2. Показатели спектральной мощности (ms^2) спортсменов-парашютистов высших достижений, осуществляющих трансмеридиональные перелеты для участия в международных соревнованиях

Источник: составлено А.А. Киричуком, Д.М. Максимовым, Т.В. Башкиревой.

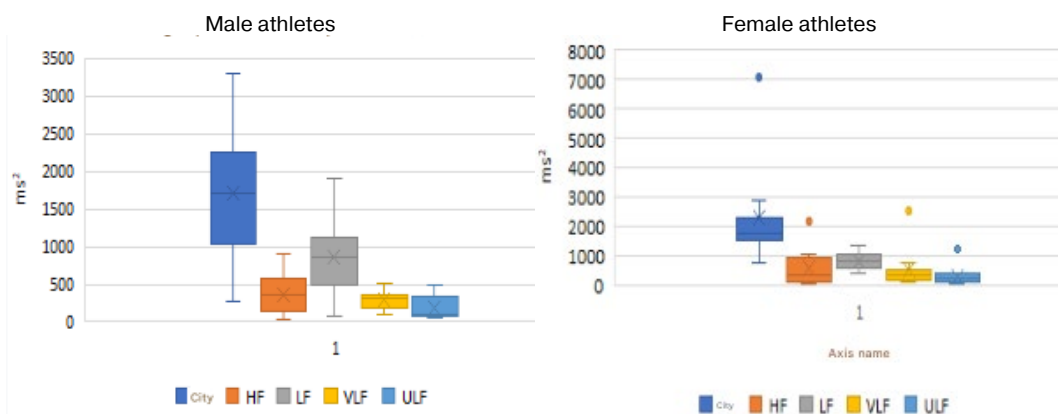


Figure 2. Indicators of spectral power (ms^2) of high-achieving skydivers performing trans-meridional flights to participate in international competitions

Source: compiled by A.A. Kirichuk, D.M. Maksimov, T.V. Bashkireva.

У женщин-парашютисток высших достижений выявлены достоверные отрицательные значения между рефлекторным ответом сердечно-сосудистого подкоркового центра (VLFlog) со свойствами холерика ($r = -0,83$; $P < 0,001$), сангвиника ($r = -0,75$; $P < 0,001$), а также между активностью дыхательного ($r = -0,92$; $P < 0,001$), вазомоторного центров ($r = -0,84$; $P < 0,001$), рефлекторного ответа подкоркового центра ($r = -0,63$; $P < 0,01$) со свойствами меланхолика. Можно сказать, что чем выше уровень напряжения мощности гармоник у женщин-парашютисток спорта высших достижений, тем ниже уровень влияния свойств темперамента на адаптацию к комплексу негатив-

ных факторов, включая джетлаг. Женщины-парашютистки высших достижений более чувствительны к перемещениям в иные природные, климатические и экологические условия, особенно их психическая и эмоциональная сфера, что может негативно влиять на спортивную результативность.

Результаты исследования показали, что мужчины и женщины-парашютисты высших достижений имеют сильный, но смешанный тип темперамента. Мужчины характеризуются доминированием свойств сангвиника и флегматика, а женщины – сангвиника и холерика. Свойствами меланхолика обладают обе группы, но у женщин они выражены больше. Выявлено, что мощность спектра ($TP\ ms^2$), активность дыхательного центра ($HF\ ms^2$) у мужчин ниже нормы и достоверно ниже, чем у женщин. Следует отметить, что показатель активности сердечно-сосудистого центра превышает значения нормы, что указывает на напряжение сердечно-сосудистой системы и формирование патологических процессов. У мужчин выявлены признаки индивидуальной адаптации к трансмеридиональным перемещениям, а у женщин – групповой. Женщины-парашютистки высших достижений склонны к эмоциональному напряжению в условиях джетлага.

Корреляционный анализ между показателями свойств сильного темперамента и спектральной мощностью показал устойчивость нервной системы мужчин к трансмеридиональному перемещению и гибкости адаптационных процессов, что позволяет сохранять оптимальное функционирование психики в условиях напряжения. Однако у мужчин доминирование свойств меланхолика снижает активность дыхательного центра ниже нормы, но увеличивает напряжение активности вазомоторного центра. При высокой частоте комплекса негативных факторов это может привести к патологическим процессам сердечно-сосудистой системы.

У женщин-парашютисток высших достижений выявлена отрицательная взаимосвязь между свойствами темперамента и исследуемыми показателями спектральной мощности. Установлено, что чем выше уровень напряжения мощности спектра у женщин-парашютисток спорта высших достижений, тем ниже уровень влияния свойств темперамента на адаптацию к комплексу негативных факторов, включая джетлаг. Женщины-парашютистки высших достижений более чувствительны к перемещениям в условиях джетлага в иные условия для участия в соревнованиях высших достижений.

Таким образом, элитные мужчины и женщины-парашютистки различаются по механизму формирования временной адаптации к трансмеридиональному перелету в иные природные, климатические и экологические условия, включая пересечение экватора для участия в соревнованиях. У мужчин временная адаптация протекает экономно, с участием устойчивых свойств темперамента к комплексу факторов. Можно сказать, что устойчивые свойства темперамента мужчин-парашютистов высших достижений защищают элитных спортсменов от негативного воздействия стрессоров, влияя на их

оценку окружающей среды, что подтвердило данные зарубежных исследователей [21]. У женщин же временная адаптация осуществляется по иному механизму. Женщинам необходима более ранняя индивидуальная и групповая подготовка к соревнованиям, чем мужчинам. Это обусловлено тенденцией к эмоциональному напряжению женщин. Успешность временной адаптации зависит от функционального состояния женского организма, обусловленного не только физиологическими, биохимическими, но и психологическими факторами, коррелирующими с работой систем и органов.

Список литературы

- [1] Агаджанян Н.А., Телль Л.З., Циркин В.И., Чеснокова С.А. Физиология человека // Сотис. С-Петербург, 1998.
- [2] Экология человека в изменяющемся мире / Н. А. Агаджанян и др. ; под общ. ред. В. А. Черешнева ; Российская акад. наук, Ин-т иммунологии и физиологии УрО РАН, Ин-т экологических проблем Севера АНЦ УрО РАН, Ин-т земной коры СО РАН [и др.]. Екатеринбург : УрО РАН, 2008. 569 с.
- [3] Агаджанян Н.А., Марычев А.Г., Бобков Г.А. Экологическая физиология человека // Москва : Издательская фирма «КРУК», 1998. 416 с.
- [4] Алякринский Б. Проблемы космической биологии. Биологические ритмы и организация жизни человека в космосе. Москва : Наука, 1983. 46 с.
- [5] Добровольская Н.А., Власов Г.В., Кувшинчиков И.Н., Шиншина С.И. Некоторые особенности временной адаптации спортсменов при трансмеридиональных перелетах // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2009. № 5. С. 77–80. EDN: KVKGYX
- [6] Маткаримов Р.М. Вопросы временной адаптации тяжелоатлетов к различным климатогеографическим условиям // Спорт машгулотлари: техника, тактика, усулият. 2020. № 3. С. 4–7.
- [7] Планида Е.В., Кручинский Н.Г. Временная и климатическая адаптация спортсменов на заключительном этапе подготовки в период проведения XXI зимних Олимпийских игр в г. Ванкувере (Канада) : методические рекомендации олимпийцу. Минск, 2009. EDN: NFABMJ
- [8] Агаджанян Н.А., Шабатура Н.Н. Биоритмы, спорт, здоровье. Москва : ФИС, 1989. 209 с.
- [9] Иорданская Ф.А. Особенности временной адаптации при перелетах на восток и запад, средства коррекции и профилактики десинхроноза // Теория и практика физической культуры. 2000. № 3. С. 16–20. EDN: YQZTEB
- [10] Столяренко Л.Д. Основы психологии : практикум. Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. 704 с.
- [11] Баршак С.И., Иголкина А.Е., Митин И.Н., Фещенко В.С., Парастаев С.А. Особенности влияния факторов дальних авиаперелетов на здоровье спортсменов высокого класса // Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2020. № 1 (155). С. 30–40. EDN: NTWWJH
- [12] Иорданская Ф.А., Усакова Н.А., Сулов Ф.П. Коррекция десинхроноза при перелетах на запад и восток // Научно-спортивный вестник. 1988. № 3. С. 23–27. EDN: YQMOJN
- [13] Altetus M. Sex differences in depression and anxiety disorders: Potential biological determinants // Hormones and Behavior. 2006. Vol. 50, no. 4. P. 534–538. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2006.06.031>

- [14] Foskett R.L. The mental health of elite athletes in the United Kingdom // *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018. P. 765–770 DOI: 10.1016/j.jsams.2017.11.016
- [15] Панонорм С.И. Хрономедицина, циркадианные ритмы. Кому это нужно? // *Клиническая медицина*. 2012. Т. 90. № 8. С. 73–75. EDN: RBFZSX
- [16] Fletcher David, Sarkar Mustafa. A grounded theory of psychological resilience in Olympic champions // *Psychology of Sport and Exercise*. 2012. Vol. 13, no. 5. P. 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.04.007>
- [17] Gustafsson H. Performance based self-esteem and athlete-identity in athlete burnout: A person-centered approach // *Psychology of Sport and Exercise*. 2018. Vol. 38. P. 56–60. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.05.017>
- [18] Павлов И.П. Физиология : избранные труды. Москва : Издательство Юрайт, 2019. 394 с. EDN: UVSJQW
- [19] Chrétien A., Hayotte M., Vuillemin A., Longueville F. d'Arripe. Resilience profiles of elite athletes and their associations with health-related behaviors, well-being, and performance: A latent profile analysis // *Psychology of Sport and Exercise*. 2024. Vol. 74. Article no. 102689. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102689>
- [20] Павленко Н.А. Темперамент и увлеченность экстремальными видами спорта // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. Серия: Педагогика. Психология. Социальная работа. Ювенология. Социокинетика*. 2008. Т. 14, № 5. С. 153–156. EDN: MUQKLP
- [21] Han D.H., Kim J.H., Lee Y.S., Bae S.J. Influence of Temperament and Anxiety on Athletic Performance // *Journal of Sports Science and Medicine*. 2006. Vol. 5, no. 3. P. 381–389.
- [22] Fletcher D., Sarkar M. Psychological Resilience // *A Review and Critique of Definitions, Concepts, and Theory Published European Psychologist*. 2013. Vol. 18, no. 1. P. 12–23. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000124>
- [23] Башикирева Т.В., Башикирева А.В., Максимов Д.М. Влияние свойств темперамента на показатели ВСП у парашютистов в спорте высших достижений // *Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XVII Всероссийского симпозиума*. Рязань, 23-26 мая 2017 г. Москва: РУДН, 2017. С. 30–34.

References

- [1] Agajanian NA, Tell LZ, Tsirkin VI, Chesnokova SA. *Human Physiology*. St. Petersburg: Sotis publ.; 1998. (In Russ.).
- [2] Agajanian NA et al. *Human Ecology in the Changing World*. Chereshev VA. (ed.). Ekaterinburg: Ural Branch of RAS; 2008. (In Russ.).
- [3] Agajanian NA, Marychev AG, Bobkov GA. *Ecological physiology of man*. Moscow: Publishing Company 'CRUK'; 1998. (In Russ.).
- [4] Alyakrinsky B. *Problems of Space Biology. Biological rhythms and organisation of human life in space*. Moscow: Nauka publ.; 1983. (In Russ.).
- [5] Dobrovolskaya NA, Vlasov GV, Kuvshinchikov IN, Shinshina SI. Some features of temporary adaptation of athletes during transmeridional flights. *Pedagogy, psychology and medical and biological problems of physical education and sport*. 2009;(5):77–80. (In Russ.). EDN: KVKGYX
- [6] Matkarimov RM. Issues of temporary adaptation of weightlifters to different climatogeographical conditions. *Sport mashg'ulotlari: technique, tactics, usuliyat*. 2020;(3):4–7. (In Russ.).
- [7] Planida EV, Kruchinsky NG. *Temporal and climatic adaptation of athletes at the final stage of training during the XXI Winter Olympic Games in Vancouver (Canada): methodical recommendations to the Olympian*. Minsk; 2009. (In Russ.) EDN: NFABMJ

- [8] Agajanian NA, Shabatura NN. *Biorhythms, sport, health*. Moscow: FIS; 1989. (In Russ.).
- [9] Jordan FA. Features of temporary adaptation during flights to the East and West, means of correction and prevention of desynchronosis. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2000(3):16–20. (In Russ.) EDN: YQZTEB
- [10] Stolyarenko LD. *Fundamentals of psychology: a workshop*. Rostov-on-Don: Phoenix; 2004. (In Russ.).
- [11] Barshak SI, Igolkina AE, Mitin IN, Feshchenko VS, Parastaev SA. Features of the influence of factors of long-distance air travel on the health of high-class athletes. *Medical Physical Education and Sports Medicine*. 2020;1:30–40. (In Russ.) EDN: NTWWJH
- [12] Iordan FA, Usakova NA, Suslov FP. Correction of desynchronosis during flights to the west and east. *Scientific and Sports Bulletin*. 1988;(3):23–27. (In Russ.). EDN: YQMOJN
- [13] Altemus M. Sex differences in depression and anxiety disorders: Potential biological determinants. *Hormones and Behaviour*. 2006;50(4):534–538. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2006.06.031>
- [14] Foskett R.L. The mental health of elite athletes in the United Kingdom. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018;765–770. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.11.016
- [15] Rapoport SI. Chronomedicine, circadian rhythms. Who needs it? *Clinical Medicine*. 2012;90(8):73–75. (In Russ.).
- [16] Fletcher D., Mustafa S. A grounded theory of psychological resilience in Olympic champions. *Psychology of Sport and Exercise*. 2012;13(5):669–678. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.04.007>
- [17] Gustafsson H. Performance-based self-esteem and athlete-identity in athlete burnout: A person-centred approach. *Psychology of Sport and Exercise*. 2018;38:56–60. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.05.017>
- [18] Pavlov IP. *Physiology. Selected works*. Moscow: Yurait Publishing House; 2019. (In Russ.) EDN: UVSJQW
- [19] Chrétien A, Hayotte M, Vuillemin A, Longueville F d'Arripe. Resilience profiles of elite athletes and their associations with health-related behaviors, well-being, and performance: A latent profile analysis. *Psychology of Sport and Exercise*. 2024;74:102689. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102689>
- [20] Pavlenko NA. Temperament and enthusiasm for extreme sports. *Vestnik of N.A. Nekrasov Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Social work. Juvenology. Sociokinetics*. 2008;14(5):153–156. (In Russ.) EDN: MUQKLP
- [21] Han DH, Kim JH, Lee YS, Bae SJ. Influence of Temperament and Anxiety on Athletic Performance. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2006;5(3).
- [22] Fletcher D, Sarkar M. Psychological Resilience. A Review and Critique of Definitions, Concepts, and Theory. *European Psychologist*. 2013;18(1):12–23 <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000124>
- [23] Bashkireva TV, Bashkireva AV, Maksimov DM. Influence of temperament properties on HRV indices in parachutists in the sport of highest achievements. *Ecological and physiological problems of adaptation: Proceedings of the XVII All-Russian symposium. Ryazan, 23-26 May 2017*. Moscow: RUDN; 2017. p. 30–34. (In Russ.) EDN: ZGHSSP

Сведения об авторах:

Киричук Анатолий Александрович, доктор биологических наук, доцент, директор департамента экологии человека и биоэлементологии, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-

Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0001-5125-5116; eLIBRARY SPIN-код: 9483-2011. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Максимов Дмитрий Михайлович, тренер, Центральный спортивный клуб Армии, Российская Федерация, 127434, Москва, Ленинградский проспект, 39, стр. 1. Scopus: 58696513400. E-mail: maksdi545@mail.ru

Башикирева Татьяна Валентиновна, доктор биологических наук, профессор, Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказания России, Российская Федерация, 390000, Рязань, ул. Сенная, д. 1. ORCID: 0000-0001-6174-1820; eLIBRARY SPIN-код: 8057-0350; Scopus: 57210918932; AuthorID: 270859. E-mail: bashkirevat@bk.ru

Bio notes:

Anatoly A. Kirichuk, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Department of Human Ecology and Bioelementology, Institute of Environmental Engineering, RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-5125-5116; eLIBRARY SPIN-code: 9483-2011. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Dmitry M. Maksimov, coach, Central Sports Club of the Army, 39, bldg 1, Leningradsky Prospekt, Moscow, 127434, Russian Federation. Scopus: 58696513400. E-mail: maksdi545@mail.ru

Tatyana V. Bashkireva, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia, 1 Sennaya St, Ryazan, 390000, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-6174-1820; eLIBRARY SPIN-code: 8057-0350; Scopus: 57210918932; AuthorID: 270859. E-mail: bashkirevat@bk.ru



ГЕОЭКОЛОГИЯ

GEOECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-167-176

EDN: HGIZSH

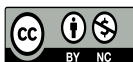
УДК 574

Научная статья / Research article

Обеспеченность функциональных зон города Воронежа
зелеными насаждениямиК.А. Плотникова✉, С.Н. Кириллов^{ID}*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
Российская Федерация*✉kristiiu@mail.ru

Аннотация. Актуальность исследования связана с растущей необходимостью эффективного управления городскими зелеными насаждениями, которые играют ключевую роль в обеспечении экологического баланса и качества жизни горожан. В условиях интенсивной урбанизации города сталкиваются с проблемами, связанными с нарушением экосистемных функций зеленых зон. Основная цель исследования – геоэкологическая оценка состояния зеленых насаждений города Воронежа с использованием современных методов, включая расчеты коэффициентов значимости показателей дендрофлоры. Комплексный подход к оценке состояния зеленых насаждений, примененный в статье, сочетает традиционные методы экологической диагностики с учетом динамичных изменений окружающей среды. Результаты работы показали, что в Воронеже наблюдается значительная контрастность в пространственном распределении зеленых насаждений, что связано с особенностями планировки и антропогенным воздействием. Больше всего озеленены природно-рекреационные и специальные зоны, в то время как в жилых и производственных районах уровень озелененности требует улучшения. В заключении отмечено, что для улучшения состояния зеленых насаждений в Воронеже необходимо продолжить исследования с учетом изменений экологических факторов, а также совершенствовать методы геоэкологической оценки, что поможет в создании более устойчивых городских экосистем.

© Плотникова К.А., Кириллов С.Н., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Ключевые слова: урбанизация, растительность, зеленые насаждения, уровень озеленения, городское озеленение, геоэкологическая оценка

Вклад авторов. Плотникова К.А. – проведение натурных обследований зеленых насаждений, вычисление коэффициентов, подготовка текста; Кириллов С.Н. – планирование работ, подготовка разделов «Введение» и «Заключение», научное редактирование статьи. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 19.02.2025; доработана после рецензирования 27.02.2025; принята к публикации 02.03.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Плотникова К.А., Кириллов С.Н. Обеспеченность функциональных зон города Воронежа зелеными насаждениями // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 167–176. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-167-176>

Provision of green areas in functional zones of Voronezh city

Kristina A. Plotnikova✉, Sergey N. Kirillov^{ID}

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

✉kristiiu@mail.ru

Abstract. The relevance of this study is tied to the growing need for effective management of urban green spaces, which play a key role in maintaining ecological balance and enhancing the quality of life for city residents. In the context of intense urbanization, cities face challenges related to the disruption of ecosystem functions within green areas. The main aim of this paper is to conduct a geoecological assessment of the state of urban greenery in the city of Voronezh using modern methods, including the calculation of significance coefficients for dendrological indicators. The comprehensive approach applied in this article combines traditional ecological diagnostic methods with consideration of dynamic environmental changes. The results indicate a significant contrast in the spatial distribution of green areas in Voronezh, which is linked to urban planning characteristics and anthropogenic impacts. The most extensively greened areas are the natural-recreational and special zones, whereas residential and industrial areas require improvements in their greening. The conclusion emphasizes that to improve the state of urban green spaces in Voronezh, further research should consider changes in ecological factors, alongside refining geoecological assessment methods to foster the development of more resilient urban ecosystems.

Keywords: urbanisation, vegetation, green spaces, level of greening, urban greening, geoecological assessment

Authors' contribution. Plotnikova K.A. – conducting field surveys of green spaces, calculating coefficients, preparing the text; Kirillov S.N. – planning the work, preparing the sections “Introduction” and “Conclusion”, scientific editing of the paper. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 19.02.2025; revised 27.02.2025; accepted 02.03.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Plotnikova KA, Kirillov SN. Provision of green areas in functional zones of Voronezh city. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):167–176. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-167-176>

Введение

Современные города как экосистемы сталкиваются с динамичными и многофакторными изменениями, которые формируют новые вызовы для экологического благополучия среды. Нарастающая урбанизация, интенсивное использование территорий, активная эксплуатация природных ресурсов приводят к сокращению площадей озелененных территорий внутри города [1]. Вместе с тем именно зеленые насаждения играют ключевую роль в поддержании качества жизни населения, выполняя широкий спектр экосистемных функций. Обеспеченность различных функциональных зон насаждениями остается неоднородной, что влияет на общую устойчивость городской среды [2; 3].

Устойчивое развитие городов требует системного подхода к управлению зеленым фондом [4]. Поэтому остро стоит задача рационального распределения объектов озеленения на урбанизированных территориях, что обуславливает необходимость проведения детальных геоэкологических исследований.

В настоящее время нормативно-правовые акты и местные законодательные документы, регулирующие управление озелененными территориями, не предусматривают проведение комплексной геоэкологической оценки их состояния на уровне отдельных объектов озеленения, таких как парки и скверы, или отдельных деревьев, составляющих эти объекты. Основное внимание уделяется визуальному осмотру деревьев с явными признаками повреждений (например, наличия дупла), по результатам которого принимаются решения о необходимости их удаления или проведения восстановительных мероприятий. Такой подход свидетельствует о недостаточной методологической разработанности и несовершенстве существующих механизмов инвентаризации городского зеленого фонда [5].

Кроме того, следует отметить отсутствие дифференцированного подхода в документации к мониторингу и содержанию зеленых насаждений в зависимости от их функционального назначения (общего, ограниченного или специального). Между тем очевидны различия в характере антропогенного воздействия на эти категории зеленых насаждений, несмотря на общий интенсивный техногенный прессинг, которому они подвергаются. Это указывает на необходимость пересмотра подходов к управлению и внедрения адаптированных к функциональным особенностям посадок мероприятий.

Цель исследования – геоэкологическая оценка обеспеченности различных функциональных зон города зелеными насаждениями, а также выявление основных факторов, влияющих на их распределение. Основными задачами являются инвентаризация зеленого фонда, анализ пространственного

распределения зеленых насаждений и их функциональной роли, а также выработка рекомендаций для повышения эффективности управления зеленой инфраструктурой города. В работе акцентируется внимание на необходимости учета специфики зонирования и функционального назначения территорий при разработке стратегий управления городской зеленой инфраструктурой.

Материалы и методы

Воронеж, крупнейший город Центрально-Черноземного региона с населением более миллиона человек, где зеленые насаждения занимают около половины городской площади. Пространственными объектами для проведения исследования стали территории функционального зонирования города в соответствии с Генеральным планом городского округа город Воронеж (в ред. решения Воронежской городской Думы от 13.12.2023 № 885-V).

Исследование дендрофлоры объекта выполнялось в строгом соответствии с утвержденными стандартами лесопатологического анализа с применением таксационных, экологических и ботанических подходов¹ [6]. Проведенный анализ основан на системе ранжирования экологических показателей, учитывающей значимость каждого из параметров геоэкологической оценки: площадь территории, оценка жизненного состояния, площадь зеленых зон, средний возраст посадок, видовое разнообразие, а также расчетах по стандартизированным формулам [7–10].

Статистическая обработка полученных результатов и корреляционный анализ (коэффициент Пирсона) были осуществлены с использованием программ Microsoft Excel 2013, Statistica 10 (+R).

Результаты и обсуждение

Было проанализировано нормирование доли озелененных территорий в разных функциональных зонах города. В производственных зонах зеленые территории занимают около 10 %, обеспечивая санитарно-защитные функции. В зонах жилой застройки, общественно-деловых зонах доля озелененных территорий варьируется от 5 до 15 %, что связано с высокой плотностью застройки и меньшим количеством зеленых насаждений, за исключением

¹ Методика инвентаризации городских зеленых насаждений. Москва, 1997. URL: https://os39.ru/file/oksana/metodika_inventarizatsii_gorodskikh_zelenykh_nasazhdenii.pdf (дата обращения: 19.01.2025); МДС 13-5.2000. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200041607?ysclid=m8440cifu9831978558> (дата обращения: 19.01.2025); СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1034/пр) (ред. от 31.05.2022).

дворовых и внутриквартальных насаждений. В зонах смешанной и общественно-деловой застройки показатель достигает 20 % благодаря более крупным общественным пространствам с зелеными элементами. Зоны озелененных территорий рекреационного назначения (общего пользования) характеризуются долей озеленения от 40 до 100 %. Для зон специального назначения в основном предусмотрен минимальный показатель – 90 % озеленения. В сельскохозяйственных зонах нормативы доли озеленения отсутствуют, поскольку они зависят от функционального назначения участка. Режимные территории также не подлежат нормированию доли зеленых насаждений.

Для объективной оценки текущего состояния зеленых насаждений в функциональных зонах города Воронежа был проведен расчет ключевых показателей, включающих площадь территорий, относительное жизненное состояние древесных насаждений, видовое разнообразие и средний возраст насаждений (табл.).

Показатели состояния зеленых насаждений функциональных зон города Воронеж

Расположение объекта	Площадь территории, %	ОЖС, %	Площадь ЗН, %	Ср. возраст посадок, лет	Видовое разнообразие, кол-во видов	$K_{сзн}$
Зона жилой застройки	12,3	95,5	9,6	19	45	3,8
Зона смешанной и общественно-деловой застройки	6	87,6	18,1	20	41	4,3
Общественно-деловые зоны	2,2	87,5	6,7	35	51	3,8
Производственная зона	9,7	80,7	10,2	37	34	3,8
Зоны сельскохозяйственного использования	12,1	98,1	5,6	41	27	3,6
Зоны озелененных территорий общего пользования (рекреационного назначения)	48,3	99,0	90,8	33	76	4,5
Зоны специального назначения	6,4	98,7	42,8	17	52	4,3
Зона режимных территорий	3	95,6	31,1	39	48	4,5

Источник: составлено К.А. Плотниковой, С.Н. Кирилловым.

Indicators of the condition of green spaces in the functional zones of Voronezh City

Object location	Area of territory, %	Relative tree health (RTH), %	Green area, %	Average age, years	Species diversity, number of species	K_{asc}
Residential zone	12.3	95.5	9.6	19	45	3.8
Mixed-use and commercial zone	6	87.6	18.1	20	41	4.3
Commercial zones	2.2	87.5	6.7	35	51	3.8
Industrial zone	9.7	80.7	10.2	37	34	3.8
Agricultural zones	12.1	98.1	5.6	41	27	3.6
Public green spaces (Recreational purpose)	48.3	99.0	90.8	33	76	4.5
Special purpose zones	6.4	98.7	42.8	17	52	4.3
Restricted zones	3	95.6	31.1	39	48	4.5

Source: compiled by K.A. Plotnikova, S.N. Kirillov.

Площадь озелененной территории на рассматриваемых объектах варьируется от 5,6 до 90,8 %. Увеличение доли озеленения сопряжено с рядом ограничений, обусловленных строительными нормативами. Например, в целях предотвращения повреждений фундамента здания корневой системой деревьев не допускается посадка деревьев на расстоянии менее 5 м от наружных стен зданий и сооружений.

Согласно Генеральному плану города Воронежа на 2021–2041 гг., обеспеченность исследуемого объекта зелеными насаждениями составляет 8,9 м² на одного жителя, что соответствует оптимальным значениям для жилых районов, установленным в СП 42.13330.2016. Однако отмечается неравномерное распределение озелененных территорий, связанное с особенностями городской застройки [11]. На периферийных участках города наблюдается ограниченность благоустроенных зеленых зон, что требует разработки дополнительных мер по их созданию и распределению.

Оценка жизненного состояния древесной растительности свидетельствует о том, что древостои на всех исследованных объектах преимущественно относятся к категории здоровых. Это подтверждается наличием лишь минимального количества сухих ветвей, слабым цветением или незначительным отставанием в росте. Однако выявлено ослабление состояния отдельных видов, менее устойчивых к антропогенному воздействию, таких как представители родов *Populus* и *Sorbus*.

Индексы состояния варьируются в пределах 80,7–99,0 %, что позволяет говорить о сравнительно благоприятной геоэкологической обстановке в городских условиях. Тем не менее жизненное состояние зеленых насаждений поддерживается искусственно: усыхающие и мертвые деревья регулярно удаляются и заменяются молодыми. Это указывает на важность постоянного ухода, без которого устойчивость насаждений может значительно снизиться. Таким образом, при надлежащем содержании состояние зеленых зон города редко опускается до критических уровней.

Возрастная структура древесных насаждений в исследуемой территории характеризуется значительными различиями, обусловленными видовым составом. Преобладающая часть зеленых насаждений относится к виргильной и генеративной группам, что отражается в распределении по возрастным классам: 33,3 % деревьев входят в 1-й класс (0–20 лет), а 55,7 % – во 2-й класс (21–40 лет). Эти показатели указывают на наличие равновесного типа популяции с высоким биотическим потенциалом, характеризующегося активными процессами генеративного и вегетативного размножения и оптимальными условиями для роста.

Зрелые и старовозрастные деревья представлены в минимальном количестве, составляя менее 1 % от общей численности насаждений. Это связано с регулярным удалением перестойных деревьев для обеспечения благоприятных условий развития молодых и зрелых насаждений, что, в свою очередь, способствует поддержанию возрастной структуры популяции.

Анализ видовой структуры дендрофлоры показал, что наиболее распространенными являются следующие виды: береза повислая (*Betula pendula*), вяз приземистый (*Ulmus pumila*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), клен американский (*Acer negundo*), липа сердцевидная (*Tilia cordata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) тополь бальзамический (*Populus balsamifera*). Также распространены кустарниковые виды: сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*) и шиповник коричный (*Rosa majalis*).

В видовом составе насаждений преобладают 2–4 древесные породы, доля каждой из которых превышает 15 %. Количество видов, вклад каждого из которых варьируется от 5 до 9,9 % от общего числа, обычно составляет от 1 до 4, при этом их совокупная доля колеблется от 5 до 39 %.

Прямая корреляция между площадью озеленения и видовым разнообразием, составляющая 0,87, указывает на зависимость увеличения числа видов от расширения площади зеленых насаждений. При этом наблюдается снижение процента деревьев, не имеющих признаков ослабления, по мере увеличения возраста деревьев. Корреляции с другими показателями не выявлено.

На основе проведенной геоэкологической оценки состояния зеленых насаждений в городе Воронеже можно сделать вывод о значительных различиях в качестве озеленения в зависимости от функциональных зон. В зонах жилой и общественно-деловой застройки, а также производственных зонах состояние озеленения оценивается как удовлетворительное с индексами от 3,6 до 3,8. Это свидетельствует о недостаточном уровне озелененности и видового разнообразия в данных зонах. Напротив, зоны общественного пользования, рекреационные зоны и территории специального назначения характеризуются оптимальным состоянием с индексами от 4,3 до 4,5, указывающими на лучшее состояние зеленых насаждений в этих областях. Эти зоны обладают более разнообразной растительностью и высокими показателями озелененности, что способствует улучшению экологической ситуации в городе и повышению качества жизни горожан. Численные значения интегрального показателя состояния варьируются в пределах от 3,6 до 4,5 балла, что свидетельствует о значительном разнообразии состояния зеленых насаждений в различных функциональных зонах города.

Оценка состояния зеленых насаждений в Воронеже, основанная на геоэкологических показателях, позволила выявить значительные различия в озеленении в различных функциональных зонах города. В зонах с высокой антропогенной нагрузкой, таких как жилые, общественно-деловые и производственные зоны, уровень озелененности остается на относительно низком уровне, что подтверждается удовлетворительными показателями состояния зеленых насаждений. Эти зоны требуют дополнительных усилий для улучшения структуры зеленых насаждений, включая увеличение площади озеленения и повышение видового разнообразия. В то же время рекреационные и природно-рекреационные зоны, а также территории специального назначения

показали оптимальные показатели, что свидетельствует о высоком уровне их экологической устойчивости.

Предложенный в статье метод позволяет получить всестороннюю характеристику геоэкологического состояния зеленых насаждений, принимая во внимание как состояние отдельных деревьев, так и обоснованность их размещения в сложной городской среде, насыщенной техногенными объектами. Такой подход способствует более глубокой оценке экосистемных функций зеленых насаждений в контексте городской экологии.

Результаты исследования подчеркивают важность комплексного подхода к управлению зелеными зонами, направленного на улучшение состояния зеленых насаждений в городской среде и увеличение площади озелененных территорий, особенно в жилых и общественно-деловых зонах.

Заключение

Геоэкологическая оценка состояния зеленых насаждений города Воронежа выявила как оптимальные, так и проблемные функциональные зоны. Для всех территорий характерна чередующаяся структура, где участки плотной застройки сочетаются с зелеными массивами, включая участки с сохраненной природной растительностью. Поляризация распределения растительности в городской среде, особенно в условиях хаотичной планировочной структуры города, может вызывать экологическую напряженность. Несбалансированное размещение зеленых территорий в сочетании с застроенными участками увеличивает нагрузку на экосистемы, что снижает устойчивость городской экосистемы и усложняет управление зелеными зонами.

Для улучшения зеленой инфраструктуры города необходимо расширение площади древесного озеленения в застроенных районах. Совершенствование методов геоэкологической оценки повысит эффективность управления зелеными зонами и позволит создать более устойчивую и экологически безопасную городскую среду.

Список литературы

- [1] Бедарева О.М., Калинина Е.А., Мурачева Л.С., Матюха А.В. Древесные растения Калининграда в условиях техногенной нагрузки автомагистралей // *Аграрная Россия*. 2015. № 2. С. 28–30. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2015-2-28-30> EDN: TLGGZH
- [2] Шайхутдинова А.А., Ивлева Я.С. Городские зеленые насаждения как элемент системы экологического каркаса // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2016. № 8 (161). С. 91–96. EDN: YHOJKP
- [3] Ulsan N.G. The Guidelines of the Eco-City Based on Sustainable Urbanism // *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*. Vol. 1 / S. Firat, J. Kinuthia, A. Abu-Tair (eds.). Springer, 2018. P. 871–879.
- [4] Крючков А.Н. Мониторинг состояния городских зеленых насаждений как часть эффективного управления зеленым хозяйством г. о. Тольятти // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2015. Т. 17, № 4–5. С. 1023–1028. EDN: UMLWFB

- [5] Морозова Г.Ю. Мониторинг урбанизированной среды: структура популяций растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1–6. С. 1170–1173. EDN: MCLBSP
- [6] Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.
- [7] Кравчук Л.А., Рыжиков В.А. Структура, состояние и устойчивость древесных насаждений в посадках вдоль улиц и дорог в городах Беларуси // Природопользование : сборник научных трудов. Минск : Минсктиппроект, 2011. Вып. 20. С. 83. URL: https://rep.polessu.by/bitstream/123456789/21420/1/Regulirovanie_poemnosti_torfianykh_pochv.pdf?ysclid=m837xqjxti104934082 (дата обращения: 19.01.2024).
- [8] Муллаярова П.И. О модернизации существующей методики инвентаризации зеленых насаждений с учетом современных достижений аэрокосмических исследований и ГИС-технологий // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2018. Т. 23. № 1. С. 132–142. EDN: YWRBUB
- [9] Пугачевский А.В., Кравчук Л.А., Судник А.В., Моложавский А.А. Методические подходы к оценке и картографированию состояния и устойчивости к антропогенным нагрузкам насаждений городов // Природные ресурсы. 2007. № 3. С. 33–44.
- [10] Трубина Л.К. Методологические аспекты экологической оценки состояния урбанизированных территорий // Интерэкспо Гео-Сибирь-2012. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология : VIII Междунар. науч. конгр. и выставка, 10–20 апреля 2012 г. : междунар. науч. конф. : сб. материалов : в 2 томах / Сиб. гос. геодез. акад. Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. С. 200–203. EDN: PDLZRX
- [11] Парахина Е.А., Руттер А.С. Динамика ландшафтов города Воронежа // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16. № 1. Ст. 70. EDN: OSHBMY

References

- [1] Bedareva OM, Kalinina EA, Muracheva LS, Matyukha AV. Wood plants of Kaliningrad under conditions of technogenic loading of highways. *Agrarian Russia*. 2015;(2):28–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2015-2-28-30> EDN: TLGGZH
- [2] Shaikhutdinova AA, Ivleva YaS. Urban greenery as a part of the ecological framework system. *Scientific Notes of Petrozavodsk State University*. 2016;(8):91–96. (In Russ.) EDN: YHOJKP
- [3] Ulasan NG. The guidelines of the eco-city based on sustainable urbanism. In: Firat S, Kinuthia J, Abu-Tair A. (eds.). *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*. Vol. 1. Springer; 2018. p. 871–879.
- [4] Kryuchkov AN. Monitoring of urban green spaces as part of the effective management of the green economy in Togliatti. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;17(4-5):1023–1028. (In Russ.) EDN: UMLWFB
- [5] Morozova GYu. Monitoring of the urbanized inhabitancy: structure of plant populations. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2009;11(1–6):1170–1173. (In Russ.) EDN: MCLBSP
- [6] Alekseev VA. Diagnosis of the vital state of trees and forest stands. *Forestry*. 1989;(4):51–57.
- [7] Kravchuk LA, Ryzhikov VA. The structure, condition, and stability of tree plantations along streets and roads in cities of Belarus. *Natural Resources*. Collection of scientific papers. Minsk : Minsk Tripproject; 2011. Issue 20. p. 83. (In Russ.). Available from: https://rep.polessu.by/bitstream/123456789/21420/1/Regulirovanie_poemnosti_torfianykh_pochv.pdf?ysclid=m837xqjxti104934082 (accessed: 19.01.2024).

- [8] Mullayarova PI. On modernization of current methods of urban green spaces inventory taking into account the achievements of remote sensing and geographic information system. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT)*. 2018; 23(1):132–142. (In Russ.)
- [9] Pugachevsky AV, Kravchuk LA, Sudnik AV, Molozhavsky AA Methodological approaches to assessment and mapping of the condition and resistance to anthropogenic loads of urban plantings. *Natural Resources*. 2007;(3):33–44. (In Russ.)
- [10] Trubina LK. Methodological aspects of urban lands state ecological assessment. *Interexpo GEO-Siberia-2012. VIII International Scientific Congress: International Scientific Conference "Remote Sensing Methods of Earth and Photogrammetry, Environmental Monitoring, Geoecology."* Collection of Materials in 2 Volumes (Novosibirsk, April 10–20, 2012). Vol. 2. Novosibirsk: SGGA; 2012. p. 200–203. (In Russ.) EDN: PDLZRX
- [11] Parakhina EA, Ritter AS. Dynamics of Voronezh city landscapes. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(1):70. (In Russ.) EDN: OSHBMY

Сведения об авторах:

Плотникова Кристина Александровна, аспирант, географический факультет, кафедра рационального природопользования, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. eLIBRARY SPIN-код: 4655-1840; AuthorID: 1162558. E-mail: kristiiu@mail.ru

Кириллов Сергей Николаевич, доктор экономических наук, профессор, зам. зав. кафедрой по научной работе, кафедра рационального природопользования, географический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1. ORCID: 0000-0002-6583-7747; eLIBRARY SPIN-код: 9222-2737; AuthorID: 576479. E-mail: eco-msu@mail.ru

Bio notes:

Kristina A. Plotnikova, Postgraduate student, Department of Environmental Management, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 4655-1840; AuthorID: 1162558. E-mail: kristiiu@mail.ru

Sergey N. Kirillov, Doctor of Economics, Professor, Deputy Head of the Department of Scientific Work, Department of Environmental Management, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119234, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-6583-7747; eLIBRARY SPIN-code: 9222-2737; AuthorID: 576479. E-mail: eco-msu@mail.ru



DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-177-188

EDN: HRHRPQ

УДК 504.06

Научная статья / Research article

Анализ геоэкологических факторов, влияющих на выбор варианта освоения Кумжинского газоконденсатного месторождения

И.С. Румянцев✉, М.Г. Губайдуллин

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск, Российская Федерация*
✉iv.rumiantseff2017@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрено Кумжинское газоконденсатное месторождение, расположенное в северной части Тимано-Печорской провинции на территории Ненецкого автономного округа, его уровень освоенности, экологическая обстановка, значимость его промышленного освоения. Представлены три возможных варианта освоения месторождения. Проведен обзор и детальный анализ геоэкологических факторов, влияющих на выбор варианта освоения месторождения. По результатам проведенного анализа предложен наиболее благоприятный вариант для сохранения окружающей среды.

Ключевые слова: Ненецкий автономный округ, физико-географические условия, освоенность территории, инженерно-геологические особенности, экологические факторы, ранжирование влияющих факторов

Вклад авторов. Румянцев И.С. – методология, верификация данных, формальный анализ, проведение исследования, ресурсы, создание черновика рукописи, создание рукописи, визуализация; Губайдуллин М.Г. – концептуализация, администрирование данных, редактирование рукописи, руководство исследованием. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 13.02.2025; доработана после рецензирования 28.02.2025; принята к публикации 01.03.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Румянцев И.С., Губайдуллин М.Г., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Румянцев И.С., Губайдуллин М.Г. Анализ геоэкологических факторов, влияющих на выбор варианта освоения Кумжинского газоконденсатного месторождения // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 177–188. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-177-188>

Analysis of geo-ecological factors influencing the choice of development option for the Kumzhinskoye gas condensate field

Ivan S. Rumyantsev✉, Marsel G. Gubaidullin

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russian Federation

✉iv.rumiantseff2017@yandex.ru

Abstract. The study considers the Kumzhinskoye gas condensate field located in the northern part of the Timan-Pechora province in the Nenets Autonomous District, its level of development, environmental situation, the significance of its industrial development. Three possible variants of the field development are presented. A review and detailed analysis of geo-ecological factors influencing the choice of the option of field development is carried out. Based on the results of the analysis, the most favourable option for environmental preservation is proposed.

Keywords: Nenets Autonomous District, physical and geographical conditions, territory development, engineering and geological features, environmental factors, ranking of influencing factors

Authors' contribution. Rumyantsev I.S. – methodology, data verification, formal analysis, study conduct, resources, manuscript drafting, manuscript creation, visualization; Gubaidullin M.G. – conceptualisation, data administration, manuscript editing, study supervision. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 13.02.2025; revised 28.02.2025; accepted 01.03.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Rumyantsev IS, Gubaidullin MG. Analysis of geo-ecological factors influencing the choice of development option for the Kumzhinskoye gas condensate field. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):177–188. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-177-188>

Введение

Кумжинское газоконденсатное месторождение расположено в северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (рис.). В административном плане оно находится в Ненецком автономном округе в 65 км к северо-востоку от города Нарьян-Мара. Месторождение открыто в 1974 г. Геологические запасы газа по сумме категорий C_1+C_2 составляют 124 499 млн m^3 , конденсата 6535 тыс. t^1 . По величине запасов – относится к крупным

¹ См.: Карбонаты – первоочередной объект для поисков залежей нефти и газа в палеозойских отложениях Арктического шельфа России. URL: <https://magazine.neftegaz.ru> (дата обращения: 02.12.2024); Царева С.А. Выполнение работ по оперативному подсчету запасов газа и конденсата Кумжинского газоконденсатного месторождения. Москва, 2012. 242 с.

месторождениям². Лицензия на освоение месторождения принадлежит компании «СН Инвест» – дочерней компании «РусХим».

На сегодняшний день Кумжинское месторождение находится в стадии подготовки к разработке. Работы по добыче, транспортировке и переработке природного газа на месторождении не ведутся по причине аварии на скважине № 9, произошедшей в 1980 г. [1]. Несмотря на то, что аварию устранили, местные жители периодически до настоящего времени обнаруживают отдельные выходы газа из образовавшихся грифонов на поверхность³. Чтобы решить данную экологическую проблему, необходимо ввести Кумжинское газоконденсатное месторождение как можно быстрее в промышленное освоение.

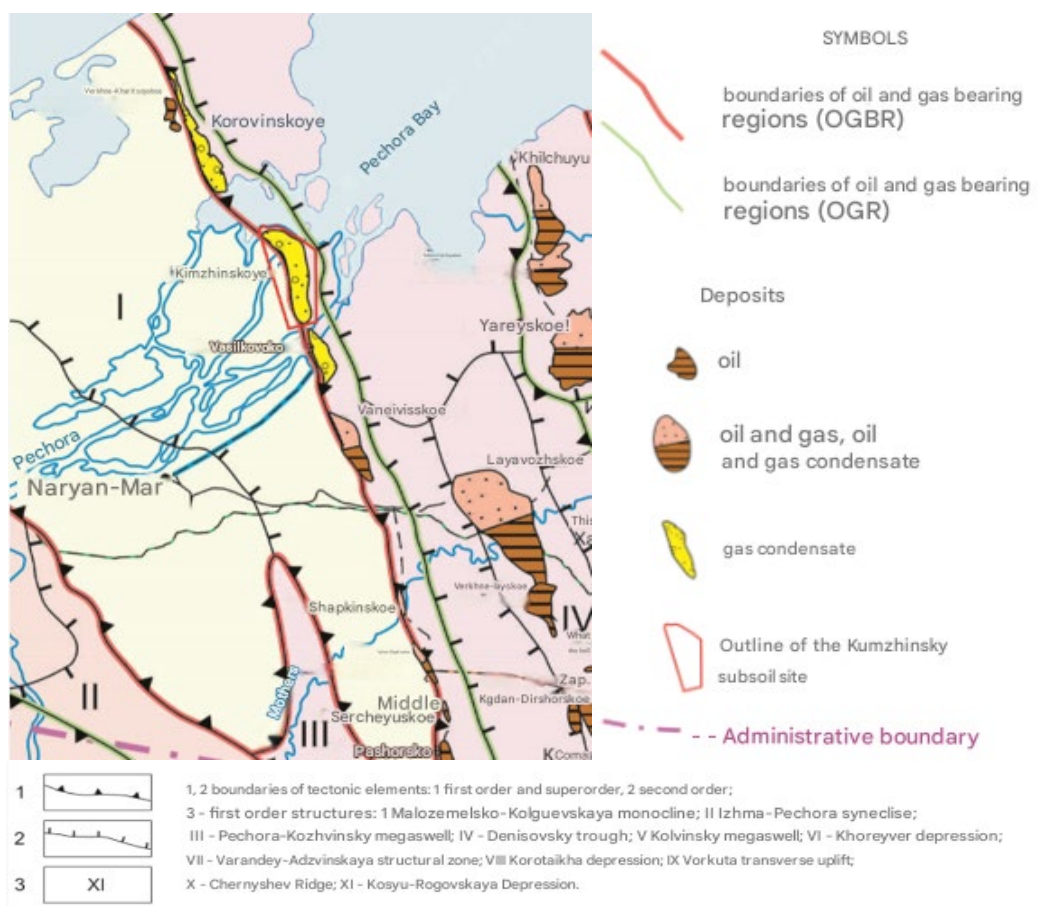


Обзорная схема расположения Кумжинского месторождения

Источник: составлено И.С. Румянцевым, М.Г. Губайдуллинм.

² Приказ Минприроды России от 01.11.2013 № 477 «Об утверждении Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов» (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 № 30943) // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты в Российской Федерации. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minprirody-rossii-ot-01112013-n-477/?ysclid=m8pzo0lvap345224873> (дата обращения: 02.12.2024).

³ Ненецкое окружное отделение КИРФ. URL: <https://kprf-nao.ru> (дата обращения: 02.12.2024).



Overview of the location of the Kuzhinsky deposit

Source: compiled by I.S. Rumyantsev, M.G. Gubaidullin.

Цель исследования – обзор и детальный анализ геоэкологических факторов, влияющих на выбор варианта освоения Кумжинского месторождения.

Материалы и методы исследования

Материалами для выполнения исследования являются имеющиеся данные о Кумжинском месторождении (отчеты по результатам проведенных геологоразведочных работ на месторождении, научные статьи по месторождению).

На Кумжинском газоконденсатном месторождении осуществлены поисковые, разведочные и оценочные работы. По результатам этих работ составлены отчеты⁴.

⁴ См.: Царева С.А. Выполнение работ по оперативному подсчету запасов газа и конденсата Кумжинского газоконденсатного месторождения. Москва, 2012. 242 с.; Смагина Т.Н., Бухарова И.А., Мякина Н.Н. и др. Оперативный подсчет запасов свободного газа и конденсата по результатам геологоразведочных работ 2016 года разведочной скважины № 30 Кумжинского газоконденсатного месторождения Архангельской области (Кумжинский ЛУ). Тюмень, 2017. 189 с.

На Кумжинском месторождении после аварии были проведены экологические исследования, послужившие основой для написания научных работ [1–3].

Конечным этапом освоения месторождения природного газа является получение готовой продукции, которая будет использоваться в промышленности, производстве или для бытовых нужд. Примером готовой газовой продукции могут служить метанол, газ для бытовых нужд, топливо. Рассмотрим варианты использования газа Кумжинского месторождения с учетом влияющих геоэкологических факторов.

Первый вариант освоения предполагает кустовое бурение скважин с последующим извлечением природного газа из продуктивных пластов, транспортировку газа по промысловым трубопроводам до установки предварительной подготовки газа (УППГ) в районе п. Красное, строительство газопровода от УППГ до пункта размещения газохимического комплекса (ГХК) и терминала по отгрузке метанола в районе мыса Большой Румяничный в 50 км от поселка Индига (НАО). Протяженность газопровода от УППГ до пункта переработки газа (мыс Большой Румяничный) составит 278 км⁵.

Во втором варианте освоения предусмотрено кустовое бурение скважин с последующим извлечением природного газа из продуктивных пластов, транспортировка газа по промысловым трубопроводам до УППГ, размещение УППГ, ГХК и терминала по отгрузке метанола в 18 км на северо-восток от п. Красное (Ненецкий автономный округ) на границе р. Печора и залива Василково. В связи с тем что УППГ и площадка ГХК будут располагаться рядом, нет необходимости строить между ними длинный газопровод (278 км), как в первом варианте⁶.

Третьим вариантом освоения может служить кустовое бурение скважин с последующим извлечением природного газа из продуктивных пластов, транспортировка газа по промысловым трубопроводам до Ванейвисского нефтегазоконденсатного месторождения, которое планируется разрабатывать совместно с Лаявожским нефтегазоконденсатным месторождением компаниями «Лукойл» и «Газпром». В дальнейшем будет построен газопровод, который войдет в единую газотранспортную систему⁷. Протяженность газопровода от Кумжинского месторождения до Ванейвисского составит примерно 60–70 км.

На выбор варианта освоения Кумжинского месторождения влияют различные геоэкологические факторы. Эти факторы можно разделить на несколько групп. Их характеристика представлена в табл. 1.

⁵ Строительство в Ненецком автономном округе газохимического комплекса по переработке природного газа на базе Кумжинского и Коровинского газоконденсатных месторождений : комплексная оценка воздействия на окружающую природную и социальную среду : план взаимодействия с заинтересованными сторонами. Москва, 2022. URL: https://zrnao.ru/assets/files/sovet/ObschestvSovet/План_%20ВЗС.pdf (дата обращения: 12.01.2025).

⁶ Там же.

⁷ Деловой Петербург. URL: <https://www.dp.ru> (дата обращения: 02.12.2024).

Таблица 1. Классификация влияющих факторов

Наименование фактора	Описание фактора	Пример
Физико-географические условия	Особенности рельефа, гидрографии, гидрологические и гидрометеорологические условия территории	– Пойменный рельеф – Большое количество болот, озер, ручьев – Ледовая обстановка морского порта
Освоенность территории	Логистика, уровень хозяйственного освоения территории	– Отсутствие железных и круглогодичных автомобильных дорог – Ограниченный сезон грузоперевозок – Маленькое количество населенных пунктов
Инженерно-геологические условия	Геокриологические условия, опасные экзогенные геологические процессы	– Распространение многолетнемерзлых пород – Морозное пучение грунтов – Заболачивание территории
Экологические факторы	– Площадь изъятия земель – Наличие особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – Слабая устойчивость тундровых экосистем к техногенным воздействиям	– Площадь изъятия земель под строительство газопровода и пункт переработки газа – Невозможность проведения газопромысловых работ в границах ООПТ – Неспособность тундровых экосистем к быстрому самовосстановлению после техногенного воздействия

Источник: составлено И.С. Румянцевым, М.Г. Габайдуллиным

Table 1. Classification факторof influencing factors

Name of the factor	Description of the factor	Example
Physical and geographical conditions	Features of relief, hydrography, hydrological and hydrometeorological conditions of the territory	– Floodplain relief – Large number of swamps, lakes, streams – Ice situation of the seaport
Development of the territory	Land statistics, the logistics, the level of economic development of the territory	– Lack of railways and circular roads – Limited season of cargo transportation – Small number of localities
Engineering and geological conditions	Geocryological conditions, dangerous exogenous geological processes	– Distribution of permafrost rocks – Frost heaving of soils – Waterlogging of the territory
Environmental factors	– The area of land withdrawal – The number of specially protected natural areas (SPNAs) – Weak resistance of tundra ecosystems to man-made impacts	– The are of land seized for the construction of the gas pipeline and the gas processing point – The impossibility of carrying out gas field operations within the boundaries of protected areas – Inability of tundra ecosystems to quickly recover from man-made impacts

Source: compiled by I.S. Rumyantsev, M.G. Gubaidullin.

Рассмотрим более подробно каждую группу геоэкологических факторов, представленных в табл. 1, и их влияние на выбор маршрута транспортировки газа и варианта размещения пункта газопереработки.

Физико-географические условия

Для первого варианта маршрута транспортировки газа и размещения пункта газопереработки характерны следующие физико-географические условия:

- проектируемая трасса газопровода будет пересекать реки Печора и Индига и множество маленьких речек, ручьев, болот;
- рельеф проектируемой трассы газопровода между Кумжинским месторождением и поселком Индига равнинный имеет отметки до 110 м⁸;

⁸ Топографическая карта Индига, высота, рельеф. URL: <https://ru-ru.topographic-map.com> (дата обращения: 08.01.2024).

– проектируемый порт Индига (мыс Большой Румяничный) является незамерзающим из-за влияния теплого течения Гольфстрим.

Для второго варианта характерными особенностями физической географии являются:

– рельеф проектируемой площадки ГХК и морского терминала равнинный, имеет отметки до 20 м⁹;

– замерзающий проектируемый порт в районе поселка Красное;

– рассматриваемая территория расположена в зоне тундры, имеет много болот, озер, ручьев, небольших рек;

– проектируемый порт расположен на правом берегу реки Печора, в 50 км от ее впадения в Коровинскую и Печорскую губы Печорского моря.

Для третьего варианта характерны следующие особенности физической географии:

– рельеф проектируемой трассы трубопровода между Кумжинским и Ванейвисским месторождениями равнинный, имеет отметки до 40 м¹⁰;

– проектируемая трасса газопровода будет пересекать реку Ортина и несколько маленьких рек, ручьев, болот;

– рассматриваемый район расположения объектов переработки газа находится недалеко от рек Ортина и Воргашор.

Освоенность территории

Территория первого варианта размещения пункта переработки газа не имеет ни автомобильных, ни железных дорог. Единственным вариантом доставки грузов служит морской транспорт. Ближайшим населенным пунктом является поселок Индига.

Территория второго варианта также не имеет ни автомобильных, ни железных дорог, но расположена неподалеку от поселка Красное, который соединен автомобильной дорогой с городом Нарьян-Мар – центром Ненецкого автономного округа, а тот, в свою очередь, соединен круглогодичной автодорогой с городом Усинск Республики Коми.

Территория третьего варианта размещения объектов переработки газа расположена в границах Ванейвисского нефтегазоконденсатного месторождения. Территория не имеет ни автомобильных, ни железных дорог, но расположена неподалеку от автомобильной дороги, соединяющей Нарьян-Мар с городом Усинск Республики Коми.

Инженерно-геологические особенности

Первый и третий рассматриваемые районы расположены в зоне островного распространения многолетнемерзлых пород¹¹. Второй район

⁹ Почвенная карта Ненецкого автономного округа. URL: <https://www.etomesto.ru> (дата обращения: 08.01.2024).

¹⁰ Там же.

¹¹ Там же.

размещения объектов переработки газа отличается отсутствием многолетне-мерзлых пород¹². Для всех трех районов характерен процесс заболачивания территории.

Экологические факторы

На всех трех территориях исследования особо охраняемых природных территорий (ООПТ) нет. Экосистемы всех трех территорий являются слабоустойчивыми к воздействиям техногенных нагрузок и трудно восстанавливаемыми. Немаловажным фактором при выборе варианта освоения месторождения является площадь земель, которая подвергнется антропогенному влиянию. Для первого варианта потребуется изъять около 40 км земель для строительства промыслового трубопровода между месторождением и УППГ (район п. Красное), 278 км земель проектируемой трассы газопровода от УППГ до м. Большой Румяничный и часть земель под фундамент ГХК и морского терминала. Для второго варианта будут затронуты около 40 км земель для строительства промыслового трубопровода между месторождением и УППГ, часть земель под площадку ГХК и морского терминала, а также подводная часть земель (примерно 50 км), также необходимо будет провести дноуглубительные работы для выхода танкеров-газовозов в Печорскую губу. Для третьего варианта потребуется изъять около 60 км земель для промыслового трубопровода между Кумжинским и Ванейвисским месторождениями.

Результаты и обсуждение

Результатом исследования является оценка влияния факторов на выбор варианта освоения Кумжинского месторождения.

В табл. 2–4 представлено ранжирование рассмотренных факторов по значимости от одного до десяти баллов с учетом степени влияния для всех трех вариантов освоения месторождения:

- 1–2 – очень низкое (имеет наименьшее значение);
- 3–4 – низкое (оказывает несильное влияние);
- 5–6 – среднее (оказывает сильное влияние);
- 7–8 – высокое (оказывает очень сильное влияние);
- 9–10 – очень высокое (основные факторы влияния).

В соответствии с принятым принципом присвоения балльных оценок влияющим факторам (чем больше степень ограничения, тем выше балл) ранжирование вариантов будет осуществляться по возрастанию суммы баллов. Минимальная сумма баллов будет соответствовать наиболее благоприятному варианту освоения месторождения, максимальная – наихудшему [2].

¹² Почвенная карта Ненецкого автономного округа. URL: <https://www.etomesto.ru> (дата обращения: 08.01.2024).

Таблица 2. Ранжирование факторов по первому варианту освоения

Факторы	Баллы
Физико-географические условия	
Особенности рельефа	5
Особенности гидрографии	5
Гидрологические и гидрометеорологические условия	1
Освоенность территории	
Логистика	9
Уровень хозяйственного освоения территории	9
Инженерно-геологические особенности	
Геокриологические условия	7
Опасные экзогенные геологические процессы	5
Экологические факторы	
Площадь изъятия земель	9
Наличие особо охраняемых природных территорий	1
Слабая устойчивость тундровых экосистем к техногенным воздействиям	9
Сумма	60

Источник: составлено И.С. Румянцевым, М.Г. Габайдуллиным

Table 2. Ranking of factors for the first development option

Factors	Scores
Physical and geographical conditions	
Relief features	5
Hydrography features	5
Hydrometeorological and hydrometeorological conditions	1
Territory	
Logistics	9
Level of economic development of the territory	9
Engineering and geological features	
Geocryological conditions	7
Dangerous exogenous geological processes	5
Environmental factors	
Land withdrawal area	9
Availability of specially protected natural territories	1
Improving the General stability of tundra ecosystems to climate change man-made impacts	9
Sum	60

Source: compiled by I.S. Rumyantsev, M.G. Gubaidullin.

Таблица 3. Ранжирование факторов по второму варианту освоения

Факторы	Баллы
Физико-географические условия	
Особенности рельефа	2
Особенности гидрографии	2
Гидрологические и гидрометеорологические условия	6
Освоенность территории	
Логистика	5
Уровень хозяйственного освоения территории	5
Инженерно-геологические особенности	
Геокриологические условия	2
Опасные экзогенные геологические процессы	5
Экологические факторы	
Площадь изъятия земель	5
Наличие особо охраняемых природных территорий	1
Слабая устойчивость тундровых экосистем к техногенным воздействиям	9
Сумма	42

Источник: составлено И.С. Румянцевым, М.Г. Габайдуллиным.

Table 3. Ranking of factors for the second development option

Factors	Scores
<i>Physical and geographical conditions</i>	
Relief features	2
Hydrography features	2
Hydrometeorological and hydrometeorological conditions	6
<i>Territory</i>	
Logistics	5
Level of economic development of the territory	5
<i>Engineering and geological features</i>	
Geocryological conditions	2
Dangerous exogenous geological processes	5
<i>Environmental factors</i>	
Land withdrawal area	5
Availability of specially protected natural territories	1
Improving the General stability of tundra ecosystems to climate change man-made impacts	9
Sum	42

Source: compiled by I.S. Rumyantsev, M.G. Gubaidullin.

Таблица 4. Ранжирование факторов по третьему варианту освоения

Факторы	Баллы
<i>Физико-географические условия</i>	
Особенности рельефа	2
Особенности гидрографии	2
Гидрологические и гидрометеорологические условия	1
<i>Освоенность территории</i>	
Логистика	5
Уровень хозяйственного освоения территории	5
<i>Инженерно-геологические особенности</i>	
Геокриологические условия	5
Опасные экзогенные геологические процессы	5
<i>Экологические факторы</i>	
Площадь изъятия земель	3
Наличие особо охраняемых природных территорий	1
Слабая устойчивость тундровых экосистем к техногенным воздействиям	9
Сумма	38

Источник: составлено И.С. Румянцевым, М.Г. Габайдуллиным.

Table 4. Ranking of factors for the third development option

Factors	Scores
<i>Physical and geographical conditions</i>	
Relief features	2
Hydrography features	2
Hydrological and hydrometeorological conditions	1
<i>Territory</i>	
Logistics	5
Level of economic development of the territory	5
<i>Engineering and geological features</i>	
Geocryological conditions	5
Dangerous exogenous geological processes	5
<i>Environmental factors</i>	
Land withdrawal area	3
Availability of specially protected natural territories	1
Improving the General stability of tundra ecosystems to climate change man-made impacts	9
Sum	38

Source: compiled by I.S. Rumyantsev, M.G. Gubaidullin.

Для первого варианта освоения общая сумма баллов по всем факторам составляет 60. Наибольшее влияние оказывают такие факторы, как освоенность территории и экологические факторы. Наименьшее влияние – физико-географические условия.

Для второго варианта освоения общая сумма баллов по всем факторам составляет 42. Наибольшее влияние оказывают экологические факторы, наименьшее – инженерно-геологические особенности.

Для третьего варианта освоения общая сумма баллов по всем факторам составляет 38. Экологические факторы оказывают наибольшее влияние. Наименьшее влияние – физико-географические условия.

Для всех трех вариантов экологические факторы оказывают наибольшее влияние.

Проанализировав все три варианта освоения месторождения, можно сделать вывод, что третий вариант освоения месторождения будет оказывать наименьшее негативное воздействие на компоненты окружающей среды. На втором месте – второй вариант освоения, на третьем – первый вариант.

Заключение

Таким образом, проанализировав геоэкологические факторы, влияющие на выбор варианта освоения Кумжинского месторождения, можно сделать вывод, что наиболее решающими факторами являются:

- физико-географические условия;
- логистика;
- геокриологические условия;
- экологические факторы.

Исходя из перечисленных факторов, третий вариант освоения Кумжинского месторождения является наиболее благоприятным для сохранения окружающей среды, так как будет нарушен меньший процент площади земельных ресурсов под объекты газового промысла.

Список литературы

- [1] *Богоявленский В.И., Перекалин С.О., Бойчук В.М., Богоявленский И.В., Каргина Т.Н.* Катастрофа на Кумжинском газоконденсатном месторождении: причины, результаты, пути устранения последствий // *Арктика: экология и экономика*. 2017. № 1 (25). С. 32-46. EDN: YREFFT
- [2] *Никонова А.Н.* Трансформация пойменных экосистем дельты Печоры в зоне влияния Кумжинского газоконденсатного месторождения (Ненецкий автономный округ) // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2015. № 5. С. 117–129. EDN: UMEIXR
- [3] *Никонова А.Н.* Трансформация экосистем дельты Печоры в зоне влияния Кумжинского газоконденсатного месторождения (Ненецкий автономный округ) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Ин-т географии РАН. Специальность: 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов, 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле). Москва, 2016. 29 с. EDN: SXYDRI

- [4] Коробов В.Б. Теория и практика экспертных методов: монография / под ред. Б.И. Кочурова. Москва : ИНФРА-М, 2019. 281 с. EDN: FOYBJI

References

- [1] Bogoyavlensky VI, Perekalin SO, Boychuk VM, Bogoyavlensky IV, Kargina TN. Disaster at the Kumzhinsky gas condensate field: causes, results, ways to eliminate consequences. *Arctic: Ecology and Economy*. 2017;(1):32–46. (In Russ.).
- [2] Nikonova AN. Transformation of floodplain ecosystems in the Pechora delta within the Kumzhinsk gas condensate field (Nenets Autonomous Okrug). *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical series]*. 2015;(5):117–129. (In Russ.) EDN: UMEIXR
- [3] Nikonova AN. *Transformation of ecosystems in the Pechora delta within the Kumzhinsk gas condensate field (Nenets Autonomous Okrug)* (abstract of the dissertation). Moscow, 2016. (In Russ.) EDN: SXYDRI
- [4] Korobov V. *Theory and practice of expert methods*. Kochurov BI. (ed.). Moscow: INFRA-M publ.; 2019. (In Russ.) EDN: FOYBJI

Сведения об авторах:

Румянцев Иван Сергеевич, аспирант кафедры транспорта, хранения нефти, газа и нефтегазового оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 163002, Архангельск, набережная Северной Двины, 17. E-mail: iv.rumiantseff2017@yandex.ru

Губайдуллин Марсель Галиуллович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта, хранения нефти, газа и нефтегазового оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 163002, Архангельск, Набережная Северной Двины, 17. E-mail: m.gubaidulin@narfu.ru

Bio notes:

Ivan S. Rumyantsev, postgraduate student of the Department of Transport, Storage of Oil, Gas and Oil and Gas Field Equipment, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17 Northern Dvina Embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation. E-mail: iv.rumiantseff2017@yandex.ru

Marsel G. Gubaidullin, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport, Storage of Oil, Gas and Oil and Gas Field Equipment, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17 Northern Dvina Embankment, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation. E-mail: m.gubaidulin@narfu.ru

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-189-203

EDN: HVDUOU

УДК 551:578.46(571.54)

Научная статья / Research article

Химический и минеральный состав снежного покрова на площадках снегонакопления города Улан-Удэ

Т.В. Чередова^{1,2}, О.Н. Чудинова²

¹Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ,
Российская Федерация

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
Улан-Удэ, Российская Федерация
cheredova-tv@yandex.ru

Аннотация. Впервые проведено исследование качества снежного покрова, размещаемого на площадках снегонакопления в результате зимней уборки улиц г. Улан-Удэ. Проанализированы макро- и микроэлементный состав снеговой воды, химический и минеральный состав твердого осадка снежного покрова. По результатам анализов установлено, что в целом снег, размещаемый на площадках снегонакопления г. Улан-Удэ, по содержанию основных катионов и анионов в снеговой воде, минеральному и химическому составу твердого осадка удовлетворяет нормативам качества окружающей среды. Во многом это обусловлено запретом применения агрессивных противогололедных препаратов на территории Республики Бурятия. Вместе с тем содержание Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg в снеговой воде превышает нормы предельно допустимых концентраций в 1,4–30,5 раза, что вызвано высокой антропогенной нагрузкой на снежный покров г. Улан-Удэ в целом и убираемые территории в частности.

Ключевые слова: снежный покров, площадка снегонакопления, загрязнение, твердый осадок снега, снеговая вода

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1 «Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока»; гранта «Молодой ученый ВСГУТУ-2024».

Вклад авторов. Чередова Т.В. – концепция исследования, отбор проб снега, подготовка проб к лабораторному анализу, обработка, анализ и интерпретация результатов анализа химического и минерального состава снежного покрова; Чудинова О.Н. –

© Чередова Т.В., Чудинова О.Н., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

планирование экспериментальной части, отбор проб снега, подготовка проб к лабораторному анализу, обзор литературы, обобщение результатов исследования, общая научная редакция. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 21.02.2025; доработана после рецензирования 28.02.2025; принята к публикации 03.03.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Чередова Т.В., Чудинова О.Н. Химический и минеральный состав снежного покрова на площадках снегонакопления города Улан-Удэ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 189–203. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-189-203>

Chemical and mineral composition of snow cover at snow waste accumulation sites in Ulan-Ude

Tatyana V. Cheredova^{1,2}  , Olga N. Chudinova² 

¹*Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russian Federation*

²*East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russian Federation*
 cheredova-tv@yandex.ru

Abstract. For the first time, a study was conducted on the quality of snow cover placed on snow accumulation sites as a result of winter street cleaning in Ulan-Ude. Macro- and microelement composition of snow water and chemical and mineral composition of snow cover solid sediments were analyzed. The results showed that the snow placed on the snow accumulation sites of Ulan-Ude in general satisfies the environmental quality standards in terms of the content of the main cations and anions in snow water and the mineral and chemical composition of the solid sediment. It is largely due to the ban on the use of aggressive anti-icing agents in the territory of the Republic of Buryatia. Meanwhile, the content of Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg in snow melt water exceeds the maximum permissible concentrations by 1.4–30.5 times, which is caused by the high anthropogenic load on the snow cover of Ulan-Ude in general and the cleaned areas in particular.

Keywords: snow cover, snow waste accumulation site, pollution, solid snow sediment, snow water

Funding. The research was carried out within the framework of the state assignment of the GIN SB RAS under the project AAAAA-A21-121011890033-1 Geoecological risks and extreme natural phenomena of Siberia and the Far East; grant “Young Scientist VSGUT-2024”.

Authors' contribution. Cheredova T.V. – research concept, snow sampling, preparation of samples for laboratory analysis, processing, analysis and interpretation of the results of the analysis of the chemical and mineral composition of snow cover; Chudinova O.N. – planning of the experimental part, snow sampling, preparation of samples for laboratory analysis, literature review, generalization of research results, general scientific edition. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 21.02.2025; revised 28.02.2025; accepted 03.03.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Cheredova TV, Chudinova ON. Chemical and mineral composition of snow cover at snow waste accumulation sites in Ulan-Ude. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):189–203. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-189-203>

Введение

Проблема вывоза и утилизации снежной массы является характерной для природно-климатических условий большей части территории России и оказывает существенное влияние на безопасную работу транспорта и движение пешеходов. Другой важной проблемой является использование противогололедных реагентов для исключения обледенения дорожного покрытия [1]. В снежных массах с дорожных покрытий отмечено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по содержанию тяжелых металлов в 1,5–330 раз, встречаются грубодисперсные вещества (мусор, песок, гравий, пластик, стекло), значительно содержание нефтепродуктов. В результате в 1,5–5 раз возрастает плотность снега: с 0,06–0,34 т/м³ до 0,3–0,5 т/м³ на придорожных территориях, что определяет трудности его уборки, складирования и ликвидации воздействия на городские ландшафты [2; 3].

Поскольку снежная масса, как правило, сильно загрязнена, специалисты предлагают обращаться с ней как с коммунальными отходами. Часть отходов от зимней уборки улиц включена в федеральный классификационный каталог отходов (ФККО)¹, к ним относятся отходы, образующиеся на станциях снеготаяния: отходы с решеток, осадки, отходы таяния снега с применением снегоплавильного оборудования. Указанные отходы относятся к 4–5 классам опасности, т.е. являются малоопасными и практически неопасными для окружающей среды. Следует отметить, что сам снег от уборки городской территории, как отход, не включен в ФККО, соответственно, класс его опасности не установлен. Снежные массы на площадках накопления хранятся около полугода: в среднем от установления снежного покрова в первой декаде ноября до конца апреля. К началу снеготаяния складированный снег представляет собой снежно-ледовое образование, которое становится источником загрязнения компонентов природной среды [4]. Разными исследованиями установлено, что при активном снеготаянии в окружающую среду поступают значительные количества загрязнителей (пыль, сульфаты, хлориды, азотсодержащие соединения, катионы металлов и т.д.), которые влияют на поверхностные и подземные воды, загрязняют почвенный покров, оказывают негативное воздействие на биоту [5–9].

В некоторых странах, например в Беларуси, Казахстане, действуют нормативно-правовые документы, устанавливающие единые требования

¹ Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов». URL: https://rpn.gov.ru/upload/iblock/e54/prikaz_rosprionadzora_ot_22_05_2017_n_242_ob_utverzhenii.pdf (дата обращения: 24.12.2024).

к уборке снежных масс с территории населенных пунктов, к выбору мест для складирования снега и их оборудованию². В настоящее время в России подобные требования отсутствуют. Вопросы очистки автомобильных дорог от снега рассмотрены в отраслевом дорожном методическом документе, носящем рекомендательный характер³, а организация площадок снегонакопления регламентирована санитарными правилами и нормами⁴ в части их оборудования водонепроницаемым покрытием, обвалования сплошным земляным валом и рекомендацией по установке водосборных лотков по периметру площадок и локальных очистных сооружений. Площадки снегонакопления должны быть организованы вне зон рекреационного назначения, детских игровых и спортивных площадок, водосборных территорий и вдали от источников нецентрализованного водоснабжения.

В связи с этим целью настоящего исследования являлась оценка соответствия обустройства площадок снегонакопления на территории города Улан-Удэ санитарным и отраслевым нормам, а также изучение химического и минерального состава снега от уборки городских территорий, размещаемого на площадках снегонакопления в зимний период.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась площадка снегонакопления, расположенная на территории бывшей свалки коммунальных отходов пос. Стеклозавод в Советском районе г. Улан-Удэ. Свалка эксплуатировалась с 1960 по 2006 г. Общая площадь свалки составляет около 65 га, вместимость площадки снегонакопления – около 1200 м³ (рис. 1). Свалка расположена на расстоянии 2,5 км от р. Селенга. Площадка снегонакопления не оборудована водонепроницаемым покрытием, обваловкой по периметру и системой сбора ливневых

² См.: ТКП 17.06-09-2013 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Требования к размещению и эксплуатации площадок складирования снега. Введ. 01.10.13. Минск : Минприроды, 2013. 8 с.; Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 20.03.2015 года № 235 «Об утверждении Типовых правил благоустройства территорий городов и населенных пунктов и Правил оказания государственной услуги «Выдача разрешения на вырубку деревьев» (Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 29 апреля 2015 года № 10886). URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010886> (дата обращения: 24.12.2024).

³ Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.5.001-2008 «Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега» / Росавтодор. Москва, 2008. 80 с.

⁴ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 „Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий“» (с изменениями на 15 ноября 2024 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177?ysclid=m8vxutdl1h790464636> (дата обращения: 24.12.2024).

стоков. Снег на площадке выгружается самосвалами, образуя серию естественных «насыпей». Отбор проб проводился из каждой «насыпи» в конце периода снегонакопления в марте 2024 г. Всего было сформировано 5 объединенных проб снега массой не менее 10 кг, каждая с охватом «насыпей» от 50 машин.

Снег отбирался в промаркированные полиэтиленовые пакеты, таял при комнатной температуре в течение суток и далее фильтровался через фильтр «синяя лента». Полученный осадок высушивался, доводился до постоянной массы, взвешивался⁵ [10–12].

Катионно-анионный состав снеговой воды определялся с помощью метода капиллярного электрофореза на приборе Капель-105М (г. Санкт-Петербург) в Центре коллективного пользования «Прогресс» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления» (г. Улан-Удэ).

Микрокомпонентный состав снеговой воды был установлен с помощью ISP MS на приборе NexION 300D (Perkin Elmer, США) в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета (г. Томск).



Рис. 1. Схема отбора проб на площадке снегонакопления

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

⁵ См.: Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: утв. гл. государственным санитарным врачом СССР от 15.05.1990 г. № 5174-90. Москва, 1990.



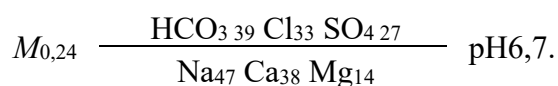
Figure 1. Sampling scheme at the snow accumulation site
 Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Химический состав твердого осадка снежного покрова определялся с помощью метода индуктивно-связанной плазмы на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500 се в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева (г. Новосибирск).

Морфологический и минеральный состав твердого осадка снежного покрова устанавливался на растровом электронном микроскопе LEO-1430VP (Carl Zeiss, Германия) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350 (Oxford Instruments, Великобритания) в режиме переменного давления (Variable Pressure, VP) в Центре коллективного пользования «Геоспектр» Геологического института им. Н.Л. Дobreцова СО РАН (г. Улан-Удэ).

Результаты и обсуждение

Снеговые воды с площадки снегонакопления относятся к пресным, гидрокарбонатно-натриевым, с реакцией среды, близкой к нейтральной (см. формулу М.Г. Курлова):



Такой состав в целом не характерен для снеговых вод, отобранных на условно-фоновом участке, расположенном с северо-западной стороны на границе г. Улан-Удэ и Иволгинского района Республики Бурятия (пос. Сотниково) на расстоянии около 7 км от объекта исследования, принятого в рамках настоящей работы в качестве регионального фона. Снеговые

воды, отобранные на условно-фоновом участке, были отнесены к ультрапресным, с низкими содержаниями основных катионов и анионов (табл. 1). Катионно-анионный состав снеговой воды с площадок снегонакопления близок к составу снеговой воды с загрязненных участков г. Иркутск. При этом снеговая вода г. Иркутск характеризуется повышенным содержанием ионов Na^+ и Cl^- , что связано с применением противогололедных препаратов в городе. На территории республики Бурятия применение химических реагентов для подсыпки дорог в зимний период запрещено. Превышение нормы ПДК_{рыб-хоз} выявлено по нитритам – в 3,1 раза, фторидам – в 1,2 раза.

Анализ микроэлементного состава снеговой воды с площадок снегонакопления (табл. 2) выявил значительные превышения (1,4–30,5 раза) норм ПДК_{рыб-хоз} по Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg. Содержание потенциально опасных химических элементов, для которых не установлены ПДК_{рыб-хоз}, превышает региональные фоновые показатели в 1,3 (для Cr) – 15,5 (для Co) раза. Содержание U в снеговой воде с площадки снегонакопления превышает региональные фоновые значения в 108 раза.

Таблица 1. Катионно-анионный состав снеговой воды на площадках снегонакопления г. Улан-Удэ, мг/л

Наименование показателя	Диапазон изменения концентраций $C_{\min}-C_{\max}$	Среднее значение концентрации $C_{\text{сред}}$	Условный фон (данные авторов 2021–2022 гг.)	Содержание в снеговой воде г. Иркутск [13]	ПДК _{рыб-хоз} ⁶
pH	6,46–6,87	6,70	4,65	6,90	C_{ϕ}
Взвешенные вещества, г/л	25,6–234,4	80,2	0,014	–	$C_{\phi} + 0,25 (0,75)$
Минерализация	144,47–392,32	246,36	17,86	536,55	–
Cl^-	24,82–63,82	40,07	1,09	254,07	300
NO_2^-	0,1–0,4	0,25	0,02	0,87	0,08
SO_4^{2-}	26–64	44	4,20	35,00	100
NO_3^-	1,1–2,0	1,42	0,45	1,21	40
F [–]	0,5–1,0	0,9	0,05	0,45	0,75
HCO_3^{3-}	48,81–134,24	80,54	7,74	45,38	–
NH_4^+	0,2–0,4	0,33	0,05	1,48	0,5
K ⁺	3,79–17,04	9,78	0,21	7,65	50
Na ⁺	10,79–63,09	29,47	0,75	168,90	120
Mg^{2+}	2,43–8,51	6,08	1,73	2,04	40
Ca ²⁺	18,04–32,06	27,66	1,60	19,50	180

Примечание. C_{ϕ} – фоновая концентрация; жирным шрифтом выделены показатели, превышающие нормы ПДК.

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

⁶ Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120?ysclid=m8vvces5ec417336775> (дата обращения: 25.12.2024).

Table 1. Cation-anion composition of snow water at snow accumulation sites of Ulan-Ude, mg/l

Indicator name	Range of concentration variation $C_{\min}-C_{\max}$	Average concentration value C_{av}	Conditional background (authors' data 2021–2022)	Content in snow water of the city of Irkutsk [13]	MPC fish farming
pH	6.46–6.87	6.70	4.65	6.90	C_0
Suspended substances, g/l	25.6–234.4	80.2	0.014	–	$C_0 + 0.25$ (0.75)
Mineralisation	144.47–392.32	246.36	17.86	536.55	–
Cl^-	24.82–63.82	40.07	1.09	254.07	300
NO_2^-	0.1–0.4	0.25	0.02	0.87	0.08
SO_4^{2-}	26–64	44	4.20	35.00	100
NO_3^-	1.1–2.0	1.42	0.45	1.21	40
F^-	0.5–1.0	0.9	0.05	0.45	0.75
HCO_3^{3-}	48.81–134.24	80.54	7.74	45.38	–
NH_4^+	0.2–0.4	0.33	0.05	1.48	0.5
K^+	3.79–17.04	9.78	0.21	7.65	50
Na^+	10.79–63.09	29.47	0.75	168.90	120
Mg^{2+}	2.43–8.51	6.08	1.73	2.04	40
Ca^{2+}	18.04–32.06	27.66	1.60	19.50	180

Note. C_0 – background concentration; indicators exceeding MPC norms are marked in bold

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Таблица 2. Микроэлементный состав снеговой воды с площадок снегонакопления г. Улан-Удэ, мкг/л

Наименование элемента	Диапазон изменения концентраций ($C_{\min}-C_{\max}$)	Среднее значение концентрации ($C_{\text{сред}}$)	Условный фон (данные авторов 2021–2022)	Содержание в снеговой воде г. Иркутск [13]	ПДК _{рыб-хоз} ⁷
Al	42,79–135,04	82,55	84,5	2,33	40
V	1,38–4,34	2,48	0,71	2,44	1
Mn	244,47–371,09	304,83	9,90	36	10*
Fe	103,52–183,62	142,65	47,50	49	100
Cu	8,36–19,18	15,85	3,60	7	1
Zn	8,04–39,53	21,79	27,10	40	10
Mo	4,94–21,77	11,19	0,32	0,7	1
W	1,45–5,87	3,43	0,25	–	0,8
Hg	0,02–0,08	0,046	0,03	0,0013	0,01
As	0,82–2,86	1,73	0,26	0,8	50
Co	2,20–3,63	2,48	0,16	0,77	10
Cr	2,28–3,74	2,78	2,22	0,4	20**
Th	0,004–0,04	0,022	0,0049	0,01	–
U	0,18–2,65	1,08	0,01	0,04	–
Pb	0,08–0,22	0,13	0,31	0,5	6

Примечание. *ПДК указана для Mn^{2+} ; **ПДК указана для Cr^{6+}

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Table 2. Microelemental composition of snow water at snow accumulation sites of Ulan-Ude, µg/l

Component name	Range of concentration variation ($C_{\min}-C_{\max}$)	Average concentration value (C_{av})	Conditional background (authors' data 2021–2022)	Content in snow water of the city of Irkutsk [13]	MPC fish farming
Al	42.79–135.04	82.55	84.5	2.33	40
V	1.38–4.34	2.48	0.71	2.44	1
Mn	244.47–371.09	304.83	9.90	36	10*
Fe	103.52–183.62	142.65	47.50	49	100
Cu	8.36–19.18	15.85	3.60	7	1
Zn	8.04–39.53	21.79	27.10	40	10
Mo	4.94–21.77	11.19	0.32	0.7	1
W	1.45–5.87	3.43	0.25	–	0.8
Hg	0.02–0.08	0.046	0.03	0.0013	0.01

Ending of the Table 2

Component name	Range of concentration variation ($C_{\min}$ – $C_{\max}$)	Average concentration value (C_{av})	Conditional background (authors' data 2021–2022)	Content in snow water of the city of Irkutsk [13]	MPC fish farming
As	0.82–2.86	1.73	0.26	0.8	50
Co	2.20–3.63	2.48	0.16	0.77	10
Cr	2.28–3.74	2.78	2.22	0.4	20**
Th	0.004–0.04	0.022	0.0049	0.01	–
U	0.18–2.65	1.08	0.01	0.04	–
Pb	0.08–0.22	0.13	0.31	0.5	6

Note. * MPC specified for Mn^{2+} ; ** MPC specified for Cr^{6+}

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Твердый осадок снежного покрова характеризуется равномерным минеральным составом, представленным более чем на 90 % минералами природного происхождения: кварцем, калиевым полевым шпатом, алюмосиликатами (плазиоклазы, эпидоты, хлориты), магнетитами (рис. 2, а). Свой вклад вносят минералы, входящие в состав гранитоидов Байкальского складчатого пояса (апатиты, цирконы, рутил). Встречаются также карбонаты, в том числе содержащие редкие земли, реликтовые минералы: циркон, ильменит и вторичные алюмосиликаты – хлорит и зерна самородного железа (табл. 3). Частицы техногенного характера встречаются единично, к ним относятся углеродистые структуры и сферулы, в основном магнетитового состава (рис. 2, б). Органические структуры встречаются тоже достаточно редко. Размер частиц твердого осадка снежного покрова достаточно крупный, в большинстве случаев от 40 до 300 мкм. Преобладающая форма частиц – обломки.

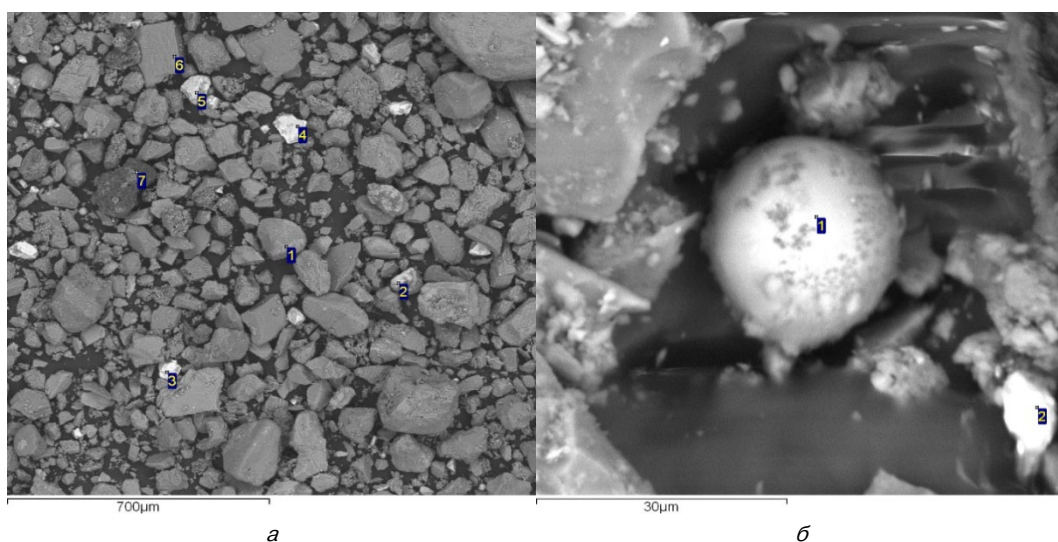


Рис. 2. Общий вид (а): 1, 6 – плагиоклаз; 2 – ильменит; 3 – самородное железо; 4, 5 – магнетит; 7 – углеродистая частица; микросферулы (б): 1 – магнетит; 2 – апатит в составе твердого осадка снежного покрова с площадок снегонакопления

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Figure 2. General view (a): 1, 6 – plagioclase; 2 – ilmenite; 3 – nugget iron; 4, 5 – magnetite; 7 – carbonaceous particle and microspheres (b): 1 – magnetite; 2 – apatite in the composition of solid snow cover sediment from snow accumulation sites

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Таблица 3. Минеральный состав твердых частиц нерастворимого осадка снежного покрова с площадок снегонакопления

Минералы		Наличие в твердом осадке снегового покрова
Название	Формула	
Кварц	SiO ₂	+++
Плагиоклаз	Na[AlSi ₃ O ₈] $\times$ Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	+++
Биотит	K(Mg, Fe) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀][OH,F] ₂	
Мусковит	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀][OH] ₂	
Хлорит	(Mg,Fe) _x (Al,Fe) _x SiO ₁₀ [OH] ₈	
Калиевый полевой шпат	(Na, K, Ca)[AlSi ₃ O ₈]	
Самородное железо	Fe	+++
Магнетит	FeO+Fe ₂ O ₃	+++
Ильменит	FeO+TiO ₂	++
Сидерит	FeCO ₃	++
Кальцит	CaCO ₃	++
Анкерит	CaFe ²⁺ (CO ₃) ₂	+
Монацит	(Ce,La)PO ₄	+
Рутил	TiO ₂	+
Циркон	ZrSiO ₄	+
Апатит	Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl)	+
Титанит	CaTiSiO ₅	+
Углеродистые частицы	C+примеси	+

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Table 3. Mineral composition of particulate matter of insoluble snow cover sludge from snow accumulation sites

Minerals		Presence of snow cover in solid precipitation
Name	Formula	
Quartz	SiO ₂	+++
Plagioclase	Na[AlSi ₃ O ₈] $\times$ Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	+++
Biotite	K(Mg, Fe) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀][OH,F] ₂	
Muscovite	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀][OH] ₂	
Chlorite	(Mg,Fe) _x (Al,Fe) _x SiO ₁₀ [OH] ₈	
Potassium feldspar	(Na, K, Ca)[AlSi ₃ O ₈]	
Nugget iron	Fe	+++
Magnetite	FeO+Fe ₂ O ₃	+++
Ilmenite	FeO+TiO ₂	++
Siderite	FeCO ₃	++
Calcite	CaCO ₃	++
Ankerite	CaFe ²⁺ (CO ₃) ₂	+
Monazite	(Ce,La)PO ₄	+
Rutile	TiO ₂	+
Zircon	ZrSiO ₄	+
Apatite	Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl)	+
Titanite	CaTiSiO ₅	+
Carbonaceous particles	C+примеси	+

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Содержание потенциально опасных химических элементов (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Sb) в твердом осадке снежного покрова с площадок снегонакопления не превышает нормы ПДК_п и кларковые содержания, что свидетельствует об отсутствии загрязнения по данной группе элементов (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав твердого осадка снегового покрова, мг/кг

Наименование элемента	Среднее значение на площадке снегонакопления г. Улан-Удэ	Кларк в почве [14; 15]	ПДК _н *, мкг/кг
V	38,8	100	150
Cr	8,84	70	6**
Co	5,54	10	5***
Ni	3,84	20	20
Cu	11,94	15-60	33
Zn	41	50	55
Cd	<0,1	0,5	0,5
Sb	<1	1	4,5
As	3,34	5	–
Ti	2720	3500	–
Sr	302	600	–
Mo	1,5	2	–
Mn	408	850	–
Ba	682	84–560	–

Примечания:

* Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=m8w0jhp7g989308931> (дата обращения: 24.12.2024).

** ПДК указана для подвижной формы Cr³⁺.

*** ПДК указана для подвижной формы Co.

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Table 4. Chemical composition of snow cover solid precipitation, mg/kg

Component name	Average value at the snow accumulation site Ulan-Ude	Clark in soil [14; 15]	MPC _s *, µg/kg
V	38.8	100	150
Cr	8.84	70	6**
Co	5.54	10	5***
Ni	3.84	20	20
Cu	11.94	15-60	33
Zn	41	50	55
Cd	<0.1	0.5	0.5
Sb	<1	1	4.5
As	3.34	5	–
Ti	2720	3500	–
Sr	302	600	–
Mo	1.5	2	–
Mn	408	850	–
Ba	682	84–560	–

Notes:

* Resolution of the Chief Government Sanitary Officer of the Russian Federation No. 2 dated on January 28, 2021 "On Approval of Sanitary Rules and Norms SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic Norms and Requirements to Ensure Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Human Use". Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=m8w0jhp7g989308931> (accessed: 24.12.2024).

** MPC specified for the mobile form Mn²⁺.

*** MPC specified for the mobile form Cr⁶⁺.

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Заключение

Проведенные исследования показали, что обустройство площадки снегонакопления в пос. Стеклозавод г. Улан-Удэ не соответствует санитарным нормам в связи с отсутствием водонепроницаемого покрытия, обваловки по периметру площадки, системы сбора и отвода ливневых стоков. В целом катионно-анионный состав снеговой воды удовлетворяет нормативам качества, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного значения, что во многом обусловлено запретом применения агрессивных противогололедных препаратов на территории республики Бурятия. Твердый осадок снега со снеговых площадок состоит из природных минералов, входящих в состав песчано-гравийной смеси, используемой для подсыпки дорог в зимний период. Загрязнения потенциально опасными химическими элементами нерастворимого осадка снежного покрова на площадках снегонакопления не выявлено. Вместе с тем выявлено превышение норм предельно допустимых концентраций Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg в снеговой воде в 1,4–30,5 раза, что вызвано высокой антропогенной нагрузкой на снежный покров г. Улан-Удэ в целом и убираемые тротуарные и дорожные покрытия в частности.

Список литературы

- [1] Пугачев С.В. Возможность использования низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ для утилизации снега // Новые вызовы в новой науке : сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 25 ноября 2020 года. Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2020. С. 140–152. EDN: HVFNKV
- [2] Хомич В.С., Кравчук Л.А., Кадацкая О.В., Санец Е.В., Овчарова Е.П., Рыжиков В.А., Баженова Н.М. Диагностика природной среды в зоне функционирования временной площадки складирования снега в Минске // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 3. С. 67–79. <https://doi.org/10.17308/geo.2019.3/2328> EDN: AWWEXD
- [3] Жарников В.Б., Пасько О.А., Ушакова Н.С., Макарьцова Е.С. О содержании мониторинга снежных отвалов и подверженных их влиянию земель северных городов (на примере города Томска) // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2019. Т. 24, № 1. С. 174–191. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-1-174-191> EDN: ZCHEIH
- [4] Константинова Е.Ю., Константинов А.О., Курасова А.О., Новоселов А.А., Зайцева В.Ю., Шерстнев А.К., Минкина Т.М. Эколого-геохимическая оценка загрязнения артиурбистратов длительно функционирующего снегохранилища // Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами : труды международной конференции. Тула, 28–30 сентября 2022 года. Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого. 2022. С. 70–74. EDN: WZDFDJ
- [5] Салтан Н.В., Шлапак Е.П., Жиров В.К., Гонтарь О. Б., Святковская Е. А. Химический состав снега на урбанизированных территориях в условиях Крайнего Севера // Вестник МГТУ. 2015. № 2. С. 328–334. EDN: TZKHLR

- [6] *Прождорина Т.И., Крутова О. В.* Исследование влияния снегосвалки на почвенный покров прилегающей территории (на примере города Воронежа) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 2. С. 77–81. <https://doi.org/10.17308/geo.2019.2/2309> EDN: ELANCU
- [7] *Лобкина В.А., Музыченко А.А., Михалев М.В.* Динамика геохимического состояния грунтов в районах размещения снежных полигонов (г. Южно-Сахалинск) // Криосфера Земли. 2019. Т. 23, № 4. С. 60–67. EDN: PGRIJQ
- [8] *Gensiorovsky Y.V., Ukhova N.N., Lobkina V.A.* Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk) // Intern. Snow Sci. Workshop 2013 (Grenoble, France, Oct. 7–11, 2013). Grenoble, 2013. P. 1181–1184.
- [9] *Baltrėnaitė E., Baltrėnas P., Lietuvninkas A., Šerevičienė V., Zuokaitė E.* Integrated evaluation of aerogenic pollution by air-transported heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Mn and Cu) in the analysis of the main deposit media // Environmental Science and Pollution Research. 2014. Vol. 21. P. 299–313. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2046-6>. EDN: UEGPXL
- [10] *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Ленинград : Гидрометиздат, 1985. 181 с.
- [11] *Назаров И.М. Фридман Ш.Д., Ренне О.С.* Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения снежного покрова // Метеорология и гидрология. 1978. № 7. С. 74–78.
- [12] *Янченко Н. И.* Практика отбора проб снежного покрова для химического анализа // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 12. С. 94–104. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/12/2943> EDN: VYZOAJ
- [13] *Гребенищикова В.И.* Геохимическая специфика состава снеговой воды некоторых городов Иркутской области // Вода: химия и экология. 2013. № 2 (56). С. 21–27. EDN: PWEUXP
- [14] *Макаров В.П., Солодухина М.А., Малых О.Ф., Михеева Н.Ю., Банищикова Е.А., Ларин В.С., Бронников В.В., Желибо Т.В.* Содержание химических элементов в корнях *Saposhnikovia Divaricata (Apiaceae)* в Забайкальском крае // Растительные ресурсы. 2022. Т. 58. № 4. С. 402–416. DOI: 10.31857/S0033994622040082 EDN: OLCQTT
- [15] *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Москва : Издательство Академии Наук СССР, 1957. 238 с. EDN: FNVBLO

References

- [1] Pugachev SV. The possibility of using low-potential heat sources at thermal power plants for snow disposal. In: *New challenges in new science. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, November 25, 2020*. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership “New Science”; 2020. p. 140–152. (In Russ.) EDN: HVFNKV
- [2] Khomich VS, Kravchuk LA, Kadatskaya OV., Sanets E.V., Ovcharova A.P., Ryzhikov V.A., Bazhenova N.M. Diagnostics of the natural environment in the area of operation of the temporary snow storage site in Minsk. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2019;(3):67–79. (In Russ.) EDN: AWWEXD
- [3] Zharnikov VB, Pasko OA, Ushakova NS, Makarcova ES. On the content of monitoring of snow dumps and their influence of the lands of northern cities affected by them (on the example of the city of Tomsk). *Bulletin of the Siberian State*

- University of Geosystems and Technologies*. 2019; 24(1):174-191. (In Russ.) <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-1-174-191> EDN: ZCHEIH
- [4] Konstantinova EYu, Konstantinov AO, Kurasova AO., Novoselov A.A., Zaitseva V.Yu., Sherstnev A.K., Minkina T.M. Ecological and geochemical assessment of pollution of arturbistrates in a long-term functioning snow dump. *Problems of pollution of environmental objects with heavy metals : proceedings of the international conference. Tula, September 28-30, 2022*. Tula: Tolstoy Tula State Pedagogical University. 2022. p. 70–74. (In Russ.) EDN: WZDFDJ
- [5] Saltan NV, Shlapak EP, Zhironov VK, Gontar OB, Svyatkovskaya EA. The chemical composition of the snow in urban environment in the Far North. *Vestnik MGTU*. 2015;(2):328-334. (In Russ.) EDN: TZKHLR
- [6] Prozhorina TI, Krutova OV. A study of the influence of the snow dump on the soil cover of the adjacent territory (Voronezh city is an example). *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2019(2):77–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/geo.2019.2/2309> EDN: ELAHCU
- [7] Lobkina VA, Muzychenko AA, Mikhalev MV. Soil Geochemistry dynamics at snow disposal sites in Yuzhno-Sakhalinsk. *Cryosphere of the Earth*. 2019;23(4):60–67. (In Russ.) EDN: PGRIJQ
- [8] Gensiorovsky YV, Ukhova NN, Lobkina VA. Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk). *Intern. Snow Sci. Workshop 2013 (Grenoble, France, Oct. 7-11, 2013)*. Grenoble; 2013. p. 1181–1184.
- [9] Baltrėnaitė E, Baltrėnas P, Lietuvninkas A, Šerevičienė V, Zuokaitė E. Integrated evaluation of aerogenic pollution by air-transported heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Mn and Cu) in the analysis of the main deposit media. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014;21:299–313. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2046-6> EDN: UEGPXL
- [10] Vasilenko VN, Nazarov IM, Fridman SD. Monitoring of snow cover pollutio. Leningrad Gidrometizdat; 1985. (In Russ.)
- [11] Nazarov IM, Fridman SD, Renne OS. The use of network snow surveys to study snow cover pollution. *Meteorology and hydrology*. 1978;(7):74–78. (In Russ.)
- [12] Ianchenko NI. Practice of snow cover sampling for chemical analysis. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering*. 2020;331(12):94–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/12/2943> EDN: VYZOAJ
- [13] Grebenshchikova VI. Geochemical specificity of snow water composition in some cities of the Irkutsk regions. *Water: chemistry and ecology*. 2013(2):21-27. (In Russ.) EDN: PWEUXP
- [14] Makarov VP, Solodukhina MA, Malykh OF, Mikheeva NYu, Banshchikova EA, Larin VS, Bronnikov VV, Zhelibov TV. Elemental content of roots of *Saposhnikovia Divaricata (Apiaceae)* in the Trans-Baikal Territory. *Plant Resources*. 2022;58(4):402–416. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0033994622040082 EDN: OLCQTT
- [15] Vinogradov AP. *Geochemistry of rare and scattered chemical elements in soils*. Moscow: Academy of Sciences of the USSR publ.; 1957. (In Russ.) EDN: FNVBLO

Сведения об авторах:

Чередова Татьяна Викторовна, младший научный сотрудник, Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН), Российская Федерация, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а. ORCID: 0000-0002-8832-7731; eLIBRARY SPIN-код: 8289-9649. E-mail: che-redova-tv@yandex.ru;

Чудинова Ольга Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент, кафедра «Промышленная экология и защита в чрезвычайных ситуациях», Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления; Российская Федерация, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, стр. 4. ORCID: 0000-0003-4160-3062; eLIBRARY SPIN-код: 8879-9145. E-mail: chudinova1980@inbox.ru

Bio notes:

Tatyana V. Cheredova, Junior Researcher, Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; 6a Sakhyanova St, Ulan-Ude, 670047, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-8832-7731; eLIBRARY SPIN-code: 8289-9649. E-mail: che-redova-tv@yandex.ru

Olga N. Chudinova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Industrial Ecology and Protection in Emergency Situations, East Siberian State University of Technology and Management; 40B, bldg 4, Klyuchevskaya St, Ulan-Ude, 670013, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4160-3062; eLIBRARY SPIN-code: 8879-9145. E-mail: chudinova1980@inbox.ru

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-204-218

EDN: IENQLE

УДК 581.192.1

Научная статья / Research article

Накопление и распределение химических элементов в растениях *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg Забайкальского края

О.А. Лескова¹, Е.А. Бондаревич¹,
Н.Н. Коцюржинская¹, А.П. Лесков²

¹Читинская государственная медицинская академия, Чита, Российская Федерация

²Забайкальский государственный университет, Чита, Российская Федерация

leskova-olga@inbox.ru

Аннотация. Приведены данные по особенностям накопления некоторых химических элементов в почвах и органах *Taraxacum officinale*, произрастающего на территории Дульдургинского и Акшинского районов Забайкальского края. Содержание химических элементов в исследуемых образцах определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа. Установлено, что в почвах Акшинского района содержание валовых и подвижных форм элементов выше, чем в пробах почв Дульдургинского района. По индексу геоаккумуляции почвы характеризовались как практически незагрязненные. По содержанию элементов в органах изучаемого вида в целом можно выстроить ряд: Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Pb. Расчет коэффициентов корневого барьера показал, что для Zn, Mn, Cu, Pb характерен барьерный тип накопления. Выявлены превышения ПДК (сухие овощи) в надземной и подземной частях растения по Zn и Cu, при этом превышение ПДК (для лекарственного сырья) по Pb не обнаружено.

Ключевые слова: лекарственное растение, тяжелые металлы, надземные и подземные органы, кларки

Вклад авторов. Лескова О.А. – разработка концепции, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, проведение статистического анализа; Бондаревич Е.А. – разработка концепции, ресурсное обеспечение исследования, проведение исследования, подготовка и редактирование текста, проведение статистического анализа; Коцюржинская Н.Н. – разработка концепции, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта; Лесков А.П. – проведение исследования, подготовка и редактирование текста, визуализация. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

© Лескова О.А., Бондаревич Е.А., Коцюржинская Н.Н., Лесков А.П., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Финансирование. Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Читинской государственной медицинской академии. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

История статьи: поступила в редакцию 13.01.2025; доработана после рецензирования 25.01.2025; принята к публикации 23.02.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лескова О.А., Бондаревич Е.А., Коцюржинская Н.Н., Лесков А.П. Накопление и распределение химических элементов в растениях *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg Забайкальского края // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 204–218. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-204-218>

Accumulation and distribution of chemical elements in *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. plants. Wigg of the Transbaikal region

Olga A. Leskova¹, Evgeniy A. Bondarevich¹,
Natalia N. Kotsyurzhinskaya¹, Artem P. Leskov²

¹Chita State Medical Academy, Chita, Russian Federation

²Transbaikal State University, Chita, Russian Federation

leskova-olga@inbox.ru

Abstract. The study presents data on the peculiarities of accumulation of some chemical elements in soils and organs of *Taraxacum officinale* growing in Duldurginsky and Akshinsky districts of Transbaikal Territory. The content of chemical elements in the studied samples was determined by X-ray fluorescence analysis. It was found that the content of gross and mobile forms of elements in soils of Akshinsky district is higher than in soil samples of Duldurginsky district. According to geoaccumulation index soils were characterised as practically uncontaminated. According to the content of elements in the organs of the studied species as a whole it is possible to build a series: Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Pb. Calculation of root barrier coefficients showed that barrier type of accumulation is characteristic for Zn, Mn, Cu, Pb. Exceedances of MPC (dry vegetables) in the above-ground and underground parts of the plant for Zn and Cu were detected, while exceedances of MPC (for medicinal raw materials) for Pb were not detected.

Keywords: medicinal plant, heavy metals, above-ground and underground organs, clarks

Funding. This work was funded from the budget of the Chita State Medical Academy. No additional grants were received to conduct or supervise this particular study.

Authors' contribution. Leskova O.A. – conceptualisation, research, text preparation and editing, statistical analysis; Bondarevich E.A. – concept development, resource support of the study, conducting the study, preparation and editing of the text, conducting statistical analysis; Kotsyurzhinskaya N.N. – concept development, preparation and editing of the text, approval of the final version; Leskov A.P. – conducting the study, preparation and editing of the text, visualisation. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 13.01.2025; revised 25.01.2025; accepted 23.02.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Leskova OA, Bondarevich EA, Kotsyurzhinskaya NN, Leskov AP. Accumulation and distribution of chemical elements in *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. plants. Wigg of the Transbaikal region. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):204–218. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-204-218>

Введение

Одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg) – многолетнее травянистое растение семейства сложноцветных. Лекарственным сырьем являются корни одуванчика, которые заготавливают ранней весной (апрель–май) или осенью (сентябрь – октябрь). Химический состав представлен тритерпеновыми соединениями, стеринами, витаминами А, В₁, В₂, С, смолами, углеводами (до 18 %). Биологически активные соединения одуванчика лекарственного обладают желчегонными, спазмолитическими, слабительными, снотворными, мочегонными свойствами. В медицине используются корни – для улучшения деятельности пищеварительного тракта, при лечении кожных заболеваний; листья – при гиповитаминозе, подагре, кожных заболеваниях¹.

Содержание химических элементов в растениях зависит как от биологических особенностей, так и от условий местообитания вида. При наличии техногенного загрязнения лекарственные растения могут накапливать токсикианты в различных частях растения, в том числе и тех, которые используются в качестве лекарственного сырья. На изучаемой территории можно выделить ряд факторов, которые негативно влияют на дикорастущие лекарственные растения: загрязнение окружающей среды промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, лесозаготовка, добыча и переработка полезных ископаемых [4].

Цель исследования – изучить особенности накопления и распределения некоторых химических элементов (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb) в растениях *Taraxacum officinale*.

Материалы и методы

Исследования проводились на территории Забайкальского края в Дульдургинском районе (окрестности с. Иля, белоберезовый остепненный лес с мерзлотно-таежными дерновыми почвами, Р 1) и в Акшинском районе (окрестности с. Курулга, сосново-лиственничный лес с мерзлотно-лугово-черноземными почвами, Р 2). Отбор проб растений для анализа проводили в стадию их цветения (июль 2021 г.). Отбирались здоровые, без внешних повреждений растения. В работе использовали надземную и подземную часть

¹ См.: [1–3]; Medicinal Plants in Mongolia. World Health Organization (WHO), Regional Office for the Western Pacific, 2014. 235 p.

T. officinale. Растения очищали от загрязнений, промывали в проточной, а затем в дистиллированной воде и сушили до воздушно-сухого состояния. Образцы почв отбирали на месте произрастания растений на глубине 0–20 см, очищали от крупных примесей, просеивали и составляли смешанную пробу для проведения химического анализа.

Определение микроэлементов (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb) в почве (валовое содержание и подвижные формы) и растительных образцах выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S2 Picofox (Bruker Nano, Germany) после предварительного разложения почв смесью минеральных кислот или экстракции подвижных форм аммонийно-ацетатным буферным раствором (pH = 4,7), растений – после озоления проб в муфельной печи и последующего разложения золы концентрированными кислотами и перекисью водорода.

Оценку степени загрязненности почв проводили по индексу геоаккумуляции (I_{geo}) [5]:

$$I_{geo} = \log_2 [C_m / 1,5 \cdot B_m],$$

где B_m – фоновая концентрация элемента в почве по А.П. Виноградову (см. [6]); C_m – измеренная концентрация химического элемента в почве; 1,5 – коэффициент коррекции, позволяющий анализировать естественные отклонения в содержании элемента в природе и снижать антропогенное влияние. Градация интенсивности загрязнения имеет следующее шкалирование: <0 – практически незагрязненная, >0–1 – от незагрязненной до умеренной, >1–2 – умеренная, >2–3 – от умеренной до сильной, >3–4 – сильная, >4–5 – от сильной до очень сильной, >5 – очень сильная [5].

Для оценки степени накопления химических элементов в растительных образцах рассчитан коэффициент корневого барьера ($K_{кб}$) – отношение величин содержания элементов в корне растения и надземных органах. Величины ПДК и ориентировочных допустимых концентраций ОДК для почв приведены в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Полученные данные были подвергнуты обработке методами описательной статистики с помощью пакета Microsoft Excel 2010 и PAST 3.25 [7].

Результаты и обсуждение

Почвы исследованных районов – мерзлотно-таежные дерновые и мерзлотные лугово-черноземные, характеризуются низким содержанием гумуса (табл. 1). Кислотность почв близка к нейтральной. Как видно из приведенных данных, содержание валовых и подвижных форм Mn, Fe, Co, Ni и Zn на территории Акшинского района выше, чем на территории Дульдургинского, однако их количества не превышали величины предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочных допустимых концентраций (ОДК).

Выявлено превышение кларка для почв Акшинского района по Mn, Zn, Co и Pb. Количества Fe, Ni, Cu значительно ниже кларковых значений. По величине индекса геоаккумуляции все пробы почв характеризовались как практически незагрязненные (табл. 1).

Таблица 1. Содержание химических элементов в почве районов исследования (мг/кг) и индекс геоаккумуляции (I_{geo}) по валовому содержанию микроэлементов

Показатели	pH	Гумус, %	Микроэлементы						
			Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Валовые формы									
P 1	7,20	3,15	279,2	6927,9	0,2	3,6	5,7	24,6	20,8
I _{geo}			-2,2	-3,1	-5,6	-4,1	-2,4	-1,6	0,5
P 2	7,24	3,76	1172,3	7560,6	11,7	18,4	1,5	155,1	10,2
I _{geo}			-0,1	-2,9	-0,03	-1,7	-4,3	1,1	-0,6
Подвижные формы									
P 1	7,20	3,15	0,2	6,5	0,1	0,2	0,2	2,9	1,2
P 2	7,24	3,76	69,8	243,4	0,2	3,9	0,1	3,1	0,8
Кларк почв Земли [6]			850,0	38000,0	8,0	40,0	20,0	50,0	10,0
ПДК		ВФ	1500	-	-	-	-	-	-
			-			80,0	132,0	220,0	130,0
ОДК'		ПФ	100	-	5,0	4,0	3,0	23,0	6,0
			-			-	-	-	-

Примечание. ¹ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Постановление от 28 января 2021 года № 2 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 25.12.2024).

Источник: составлено О.А. Лесковой, Е.А. Бондаревичем, Н.Н. Коцюржинской, А.П. Лесковым

Table 1. Content of chemical elements in the soil of the study areas (mg/kg) and geoaccumulation index (I_{geo}) by gross content of trace elements

Indicator s	pH	Humus, %	Micronutrients						
			Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Gross forms									
P 1	7.20	3.15	279.2	6927.9	0.2	3.6	5.7	24.6	20.8
<i>I_{geo}</i>			−2.2	−3.1	−5.6	−4.1	−2.4	−1.6	0.5
P 2	7.24	3.76	1172.3	7560.6	11.7	18.4	1.5	155.1	10.2
<i>I_{geo}</i>			−0.1	−2.9	−0.03	−1.7	−4.3	1.1	−0.6
Movable forms									
P 1	7.20	3.15	0.2	6.5	0.1	0.2	0.2	2.9	1.2
P 2	7.24	3.76	6908	243.4	0.2	3.9	0.1	3.1	0.8
Clark Earth Soils [6]			850.0	38000.0	8.0	40.0	20.0	50.0	10.0
MPC		WF	1500	−	−	−	−	−	−
			−			80.0	132.0	220.0	130.0
APC ¹		PF	100	−	5.0	4.0	3.0	23.0	6.0
			−			−	−	−	−

Note. ¹ SanPiN 1.2.3685-21 “Hygiene standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness to human factors of habitat”. Decree dated on January 28, 2021 No. 2. *Electronic fund for legal and regulatory documents*. (In Russ.). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: 25.12.2024).

Source: compiled by O.A. Leskova, E.A. Bondarevich, N.N. Kotsyurzhinskaya, A.P. Leskov.

На химический состав растений одновременно оказывают влияние разные факторы: pH, механический состав, тип почвы, видовая специфичность растения, наличие развитых барьерных механизмов и др. Среди изучаемых микроэлементов в надземной и подземной частях одуванчика лекарственного наибольшие значения зафиксированы для железа (табл. 2). Известно, что железо необходимо растениям для процесса фотосинтеза, осуществления

окислительно-восстановительных реакций [8]. Количество данного элемента в растениях может варьировать в широких пределах (18–1000 мг/кг сухой массы) [9]. В нашем случае максимальное содержание отмечено в соцветиях одуванчика с Р 2 – 1697,9 мг/кг. Необходимо отметить достаточно высокие концентрации подвижных форм железа в почвах Акшинского района, которая характеризуется максимальной биодоступностью. Количество Fe во всех органах исследуемого растения превышало кларк для наземных растений в 1,3–18 раз. Оценивая содержание железа в изучаемом виде, произрастающего на территории России, выявлено, что вид с территории Забайкальского края концентрирует элемент в меньшей степени. Так, максимальное содержание данного элемента в одуванчике отмечалось в Свердловской области (256,8–3306,50 мг/кг) [10], тогда как в условиях Забайкальского края пределы варьирования концентрации существенно меньшие (378,4–631,3 мг/кг) (табл. 2).

По количественному содержанию в растениях *T. officinale* второе место принадлежало цинку, что обусловлено его высокой биологической активностью, так как ионы элемента принимают участие в образовании хлорофилла, активации ферментов, стабилизации структуры ДНК [8; 12]. По этой причине растения активно поглощают цинк из окружающей среды и создают его резервы.

Таблица 2. Среднее содержание химических элементов в надземной и подземной частях *T. officinale*, мг/кг сухой массы

Пункты отбора и нормирующие показатели	Микроэлементы						
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
<i>Корни</i>							
Р 1	40,1	631,3	0,5	3,3	24,2	125,8	0,5
Р 2	34,9	378,4	0,5	4,9	16,9	51,0	0,3
<i>Листья</i>							
Р 1	52,4	686,6	0,9	3,9	11,5	73,1	0,4
Р 2	14,9	405,9	0,4	7,3	4,8	11,4	0,2
<i>Цветоносы</i>							
Р 1	13,7	186,8	0,7	1,0	7,1	36,4	0,4
Р 2	21,8	856,3	0,6	19,2	14,2	43,1	0,3
<i>Соцветия</i>							
Р 1	30,8	229,9	0,8	1,5	3,5	68,4	0,4
Р 2	74,5	1697,9	0,8	19,7	8,7	24,9	0,6
Кларк наземных растений [12]	630,0	140,0	0,5	3,0	14,0	100,0	2,7
ПДК для БАД ²	–	–	–	–	–	–	6,0
ПДК для сухих овощей ³	–	–	–	–	5,0	10,0	–

Источник: составлено О.А. Лесковой, Е.А. Бондаревичем, Н.Н. Коцюржинской, А.П. Лесковым.

² СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Москва, 2001. 269 с.

³ Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах (СанПиН 42-123-4089-86). Москва, 1986. 182 с.

Table 2. Average content of chemical elements in above-ground and underground parts of *T. officinale*, mg/kg dry weight

Sampling points and standardising indicators	Micronutrients						
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
<i>Roots</i>							
P 1	40.1	631.3	0.5	3.3	24.2	125.8	0.5
P 2	34.9	378.4	0.5	4.9	16.9	51.0	0.3
<i>Leaves</i>							
P 1	52.4	686.6	0.9	3.9	11.5	73.1	0.4
P 2	14.9	405.9	0.4	7.3	4.8	11.4	0.2
<i>Flower stalks</i>							
P 1	13.7	186.8	0.7	1.0	7.1	36.4	0.4
P 2	21.8	856.3	0.6	19.2	14.2	43.1	0.3
<i>Inflorescences</i>							
P 1	30.8	229.9	0.8	1.5	3.5	68.4	0.4
P 2	74.5	1697.9	0.8	19.7	8.7	24.9	0.6
Clark terrestrial plants [12]	630.0	140.0	0.5	3.0	14.0	100.0	2.7
MPC for dietary supplements ⁴	–	–	–	–	–	–	6.0
MPC for dried vegetables ⁵	–	–	–	–	5.0	10.0	–

Source: compiled by O.A. Leskova, E.A. Bondarevich, N.N. Kotsyurzhinskaya, A.P. Leskov.

Из изученных химических элементов Zn наиболее растворим в почвах, и чем больше концентрация элемента, тем активнее растения его поглощают. Содержание данного элемента в фитомассе травянистых растений колеблется от 12 до 47 мг/кг [9]. В нашем эксперименте максимальные количества обнаружены в корнях растения с Р 1 – 125,8 мг/кг, при этом превышение кларка наземных растений не зафиксировано. Обнаружены превышения ПДК по Zn (для сухих овощей) для всех органов *T. officinale*. Установлено, что по сравнению с аналогичным видом, произрастающим на других территориях Российской Федерации, *T. officinale* содержит либо такое же количество микроэлемента – Новосибирская (125,60 мг/кг) [13] и Воронежская области (20,17–97,47 мг/кг) [14; 15], либо вариация содержания была меньшей – Свердловская (11,72–40,75 мг/кг) [10] и Кемеровская (6,29–11,1 мг/кг) области [16].

На третьем месте по количественному содержанию в наземной и подземной фитомассе растения находился марганец. Данный элемент принимает участие в активации ферментов, синтезе аскорбиновой кислоты и танинов [17]. Для Mn характерна высокая подвижность по растению в связи с преобладанием его низкомолекулярных подвижных форм, не связанных с клеточными структурами [9]. Содержание элемента может колебаться в широких пределах: 7–334 мг/кг [9]. В исследуемом виде максимальные концентрации зафиксированы для соцветия с Р 2 – 74,5 мг/кг. Превышение кларка наземных растений не выявлено. В нашем исследовании в подземной части растения отмечен более высокий уровень содержания данного элемента

⁴ СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Москва, 2001. 269 с.

⁵ Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах (СанПиН 42-123-4089-86). Москва, 1986. 182 с.

(34,9–40,1 мг/кг) по сравнению с аналогичным видом, произрастающим на территории Кемеровской области (26,0–30,2 мг/кг) [16].

Медь принимает участие в процессе фотосинтеза, дыхания, ее содержание в растениях колеблется в пределах 6,4–16,4 мг/кг [9]. При определении количества *Cu* зафиксировано максимальное значение в корнях с Р 1 – 24,2 мг/кг, в подземной фитомассе растения *Cu* больше, чем в надземной. Известно, что передвижение *Cu* в надземные органы ограничено за счет связывания веществами клеточной стенки [9]. Некоторые авторы указывают на высокую накопительную способность по отношению *Cu* в корнях одуванчика лекарственного [10; 18]. Обнаружено превышение ПДК по *Cu* для сухих овощей для всех органов изучаемого вида. Превышение кларка наземных растений отмечено для корней одуванчика лекарственного в 1,21 и 1,73 раза. При изучении содержания элемента у данного вида, произрастающего в других регионах, выявлено, что в Забайкалье концентрация микроэлемента меньше, чем в корнях одуванчика, произрастающего в Свердловской области (11,65–95,02 мг/кг) [10], но больше, чем у растений, произрастающих на территории Кемеровской (5,73–9,51 мг/кг) [16], Воронежской (4,17–14,63 мг/кг) [14; 15] и Новосибирской (2,37–3,33 мг/кг) [13] областей.

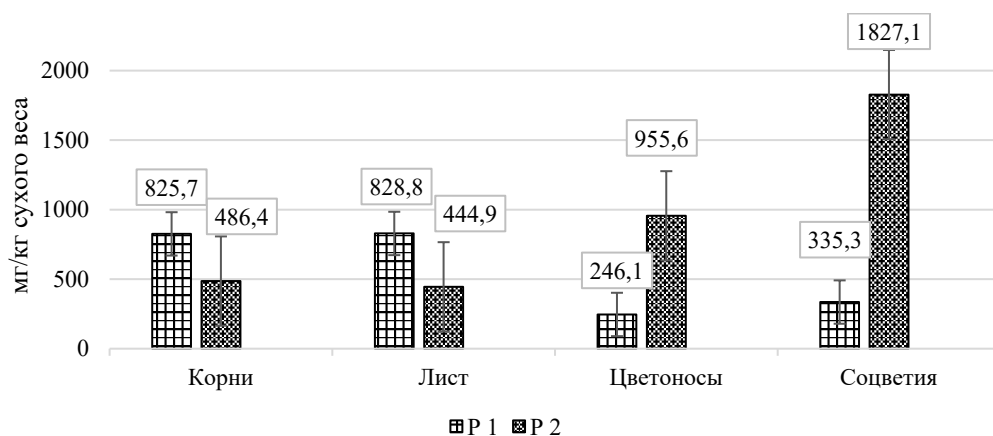
Никель принимает участие в организации пространственной структуры нуклеиновых кислот [19; 20]. Содержание никеля колеблется от 0,1 до 1,7 мг/кг [10]. Нами установлены максимальные значения для соцветия *T. officinale*, собранного в Р 2 – 19,7 мг/кг. Превышение кларка наземных растений зафиксировано для наземной и подземной частей растения, произрастающего в Акинском районе. При изучении содержания никеля в корнях одуванчика, обитающего на территории Забайкальского края, обнаружено достаточно высокое содержание элемента (3,3–4,98 мг/кг), что больше, чем у видов с территории Кемеровской (1,87–3,15 мг/кг) [16], Воронежской (0,67–4,14 мг/кг) [14; 15] и меньше, чем у растений с территории Новосибирской (19,0–17,2 мг/кг) [13] областей. Известно, что соли никеля в почвах находятся в растворенном состоянии, но в растение поступают небольшие концентрации элемента, что, вероятно, связано с выработкой физиологического барьера к накоплению [14].

Наименьшие концентрации среди изучаемых металлов отмечены для *кобальта* и *свинца*. Кобальт участвует в окислительно-восстановительных реакциях, способствует повышению концентрации пигментов в листьях [18]. Среднее содержание элемента в травянистых растениях 0,03–0,27 мг/кг [10]. Максимальные значения зафиксированы в листьях *T. officinale* в Р 2 – 0,9 мг/кг. Данный химический элемент в наибольшем количестве содержался в надземной фитомассе изучаемого вида, при этом превышение кларка для наземных растений незначительное. При изучении количества элемента в корнях вида с различных территорий России можно отметить примерно одинаково низкие концентрации кобальта (от 0,4 до 0,56 мг/кг)

за исключением вида, обитающего на территории Воронежской области (4,90–14,81 мг/кг) [14; 15].

Превышений пределов колебаний содержания свинца в растениях из незагрязненных регионов мира (0,1–10,0 мг/кг) [9] для исследуемых пунктов исследования не зафиксировано. Максимальные концентрации свинца (0,6 мг/кг) обнаружены в соцветиях растений Акшинского района (Р 2). Распределение данного элемента по растению относительно равномерное. Превышения содержания микроэлемента по кларку для наземных растений и по величине ПДК свинца (6 мг/кг) для лекарственных растений не выявлено⁶. Следует отметить незначительную концентрацию элемента в корнях *T. officinale*, произрастающего на изучаемых территориях (от 0,3 до 2,86 мг/кг). Известно, что Pb среди тяжелых металлов наименее подвижен и находится в труднорастворимой и часто мало доступной для растений форме [19; 21]. Связи между содержанием элемента в почве и образцах *T. officinale* не обнаружено, что, вероятно, связано с биологическими и физиологическими особенностями вида. В целом, анализируя полученные данные, можно выстроить следующую последовательность накопления химических элементов: Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Pb.

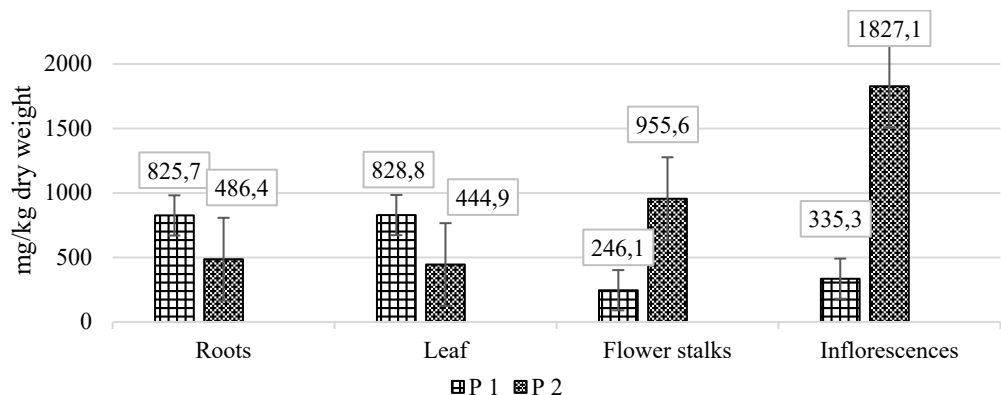
По суммарному содержанию химических элементов в органах *T. officinale* можно отметить максимальные значения в соцветиях Р 2, при этом вклад железа в этот показатель более 90 %. Наименьшее суммарное количество микроэлементов фиксировалось для цветоносов Р 1, однако вклад содержания железа был более 75 % (рис.).



Суммарное содержание исследуемых химических элементов в одуванчике лекарственном, мг/кг

Источник: составлено О.А. Лесковой, Е.А. Бондаревичем, Н.Н. Коцюржинской, А.П. Лесковым.

⁶ ОФС.1.5.3.0009.15. Определение содержания тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. URL: <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-5-3-0009-15-opredelenie-soderzhaniya-tyazhelyh-metallov-i-myshyaka-v-lekarstvennom-rastitelnom-syre-i-lekarstvennyh-rastitelnyh-preparatah/> (дата обращения: 18.12.2024).



Total content of the studied chemical elements in dandelion medicinal, mg/kg
Source: compiled by O.A. Leskova, E.A. Bondarevich, N.N. Kotsyurzhinskaya, A.P. Leskov.

Концентрация химических элементов связана с видовыми особенностями, наличием физиологических барьеров в системе «корень – лист, лист – стебель, стебель – цветonos». Значения $K_{\text{кб}} > 1$ свидетельствуют о наличии барьера при поступлении элементов в надземную фитомассу [23]. В проведенном исследовании расчет коэффициентов корневого барьера показал, что барьерный тип накопления выявлен для *T. officinale* по Zn, Cu, Pb и Mn (табл. 3). Для цветonosов одуванчика лекарственного, произрастающего в Дульдургинском районе для всех элементов $K_{\text{кб}} > 1$; в этом же районе отмечены наименьшие суммарные значения химических элементов в цветonosах (рис. 1).

Таблица 3. Коэффициент корневого барьера в растениях *T. officinale*

Пункт	Микроэлементы						
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Листья							
P 1	0,8	0,9	0,6	1,0	2,1	1,7	1,3
P 2	2,3	0,9	1,3	0,7	3,5	4,5	1,5
Цветonosы							
P 1	2,9	3,4	0,7	3,3	3,4	3,5	1,3
P 2	1,6	0,4	0,8	0,2	1,2	1,2	1,0
Соцветия							
P 1	1,3	2,8	0,6	2,2	6,9	1,8	1,3
P 2	0,5	0,2	0,6	0,3	1,9	2,1	0,5

Источник: составлено О.А. Лесковой, Е.А. Бондаревичем, Н.Н. Коцюржинской, А.П. Лесковым.

Table 3. Root barrier coefficient in *T. officinale* plants

Item	Micronutrients						
	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Leaves							
P 1	0.8	0.9	0.6	1.0	2.1	1.7	1.3
P 2	2.3	0.9	1.3	0.7	3.5	4.5	1.5
Flower stalks							
P 1	2.9	3.4	0.7	3.3	3.4	3.5	1.3
P 2	1.6	0.4	0.8	0.2	1.2	1.2	1.0
Inflorescences							
P 1	1.3	2.8	0.6	2.2	6.9	1.8	1.3
P 2	0.5	0.2	0.6	0.3	1.9	2.1	0.5

Source: compiled by O.A. Leskova, E.A. Bondarevich, N.N. Kotsyurzhinskaya, A.P. Leskov.

Для цветоносов и соцветий одуванчика лекарственного с Акшинского района (Р 2) отмечен коэффициент корневого барьера ниже единицы для Mn, Fe, Co, Ni, что указывает на безбарьерный переход элементов из подземных органов в надземные. Известно, что уровень содержания химических элементов в надземной фитомассе определяется видовыми особенностями растения, степенью подвижности элементов в почве, которая зависит от кислотных и окислительно-восстановительных свойств [23].

Выводы

1. В результате проведенных исследований были определены содержания Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb в почвах и растении *T. officinale*, произрастающем на территории Забайкальского края. Содержание валовых и подвижных форм химических элементов в почвах не превышает ПДК и ОДК. По величине индекса геоаккумуляции почвы исследованных территорий относятся к практически незагрязненным.

2. Количество химических элементов в растениях разных районов края значительно отличаются. В целом можно выстроить ряд по количественному содержанию элементов в органах изучаемого вида: $Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Co > Pb$.

3. Для одуванчика лекарственного, произрастающего на территории края, можно отметить большие концентрации Mn, Zn, Cu, чем у аналогичного вида, произрастающего в других регионах России, и меньшие концентрации по Co и Pb.

4. Концентрация Fe и Ni у *T. officinale* пунктов исследования больше величины кларка для наземных растений, а Mn и Pb – меньше этого нормирующего показателя.

5. Обнаружены превышения ПДК по Zn и Cu для сухих овощей в надземной и подземной фитомассе растения. Превышения ПДК по Pb для лекарственных растений и БАД не зафиксировано.

6. Расчет коэффициента корневого барьера показал, что для Zn, Mn, Cu и Pb характерен барьерный тип поступления и накопления в органах и тканях *T. officinale* в условиях лесостепных районов Забайкалья.

Список литературы

- [1] Akbar S. Handbook of 200 Medicinal Plants. *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg (Asteraceae/Compositae). Springer, 2020. P. 1743–1751. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_180
- [2] Рабинович М.И. Лекарственные растения в ветеринарной практике. Москва : Агропроиздат, 1987. 288 с.
- [3] Шмерко Е.П. Мазан И.Ф. Практическая фитотерапия. Минск : Лечприрода, 1996. 640.
- [4] Чудновская Г.В. Роль эколого-биологических характеристик лекарственных растений Восточного Забайкалья в оценке продуктивности их сырья // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2013. № 24 (167). С. 57–65. EDN: SCEOKV

- [5] Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учетом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2017. 436 с.
- [6] *Алексеев В.А., Алексеев А.В.* Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2013. 388 с. EDN: TTOXIV
- [7] *Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D.* 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*, 2001. Vol. 4, no. 1. P. 1–9. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (accessed: 25.12.2024).
- [8] *Панченко Л.Ф., Маев И.В., Гуревич К.Г.* Клиническая биохимия микроэлементов. Москва : ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004. 368. EDN: QKMNYZ
- [9] *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях / пер с англ. Москва : Мир, 1989. 439 с.
- [10] *Жуйкова Т.В., Зиннатова Э.Р.* Аккумулирующая способность растений в условиях техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами // *Поволжский экологический журнал*. 2014. № 2. С. 196–207. EDN: SMZDGZ
- [11] *Воткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошников А.И., Прохоров В.Г.* Справочник по геохимии. Москва : Недра, 1990. 480 с.
- [12] *Дьякова Н.А.* Накопление тяжелых металлов и мышьяка лекарственным растительным сырьем полыни горькой // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 445–453. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453> EDN: TELUNC
- [13] *Мяделец М.А., Сиромля Т.И.* Особенности экологического состояния почвенно-растительного покрова вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22706> (дата обращения: 18.12.2024). EDN: YTIHTG
- [14] *Дьякова Н. А.* Изучение особенностей накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье синантропной флоры Воронежской области // *Химия растительного сырья*. 2023. № 2. С. 163–170. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211725> EDN: ZWJEZY
- [15] *Дьякова Н.А.* Особенности накопления тяжелых металлов и мышьяка в лекарственном растительном сырье одуванчика лекарственного, собранного в урбо- и агробиоценозах Воронежской области // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*, 2021. Т. 24, № 3. С. 49–55. <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07> EDN: TGLLAO
- [16] *Егорова И.Н.* Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в сырьевых лекарственных растениях Кемеровской области: автореф. дис... канд. биол. наук. Специальность: 03.02.08 – экология. Томск, 2010. 21 с. EDN: QGTQGV
- [17] *Сосорова С.Б., Меркушева М.Г., Убузунев Л.Л.* Содержание микроэлементов в лекарственных растениях разных экосистем озера Котокельское (Западное Забайкалье) // *Химия растительного сырья*. 2016. № 2. С. 53–59. EDN: WKTYXB
- [18] *Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М.* Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам / Институт биологии КарНЦ РАН. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2011. 77 с. EDN: QKUKXZ
- [19] *Протасова Н.А., Горбунова Н.С.* Формы соединений никеля, свинца и кадмия в черноземах Центрально-Черноземного региона // *Агрохимия*. 2006. № 8. С. 68–76. EDN: HVIXWD

- [20] Кашин В.К. Условно необходимые микроэлементы в лекарственных растениях Забайкалья // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. Т. 19, № 3. С. 259–266. EDN: NWYNXJ
- [21] Ельчишинова О.А., Пузанов А.В., Рождественская Т.А. Биогеохимия свинца в горном Алтае // Ползуновский вестник, 2011. № 4-2. С. 122–125. EDN: OIJBXJ
- [22] Афанасьева Л.В., Аюшина Т.А. Накопление и распределение микроэлементов в растениях *Arctostaphylos uva-ursi* // Химия растительного сырья. 2018. № 3. С. 123–128. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033718> EDN: VABOZI
- [23] Афанасьева Л.В., Кашин В.К. Содержание элементов в растениях *Vaccinium uliginosum* L., произрастающих в Южном Прибайкалье // Химия растительного сырья, 2013. № 2. С. 195–200. EDN: RCYKVZ

References

- [1] Akbar S. *Handbook of 200 Medicinal Plants. Taraxacum officinale (L.) Weber ex F.H. Wigg (Asteraceae/Compositae)*. Springer; 2020. p. 1743–1751. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_180
- [2] Rabinovich MI. *Medicinal plants in veterinary practice*. Moscow: Agropromizdat publ.; 1987. 288 p. (In Russ.).
- [3] Shmerko EP, Mazan IF. *Practical phytotherapy*. Minsk: Lechpriroda publ.; 1996. (In Russ.).
- [4] Chudnovskaya GV. The role of ecological and biological characteristics of medicinal plants of Eastern Transbaikalia in assessing the productivity of their raw materials. *Belgorod State University Scientific Bulletin Natural Sciences*. Natural Sciences. 2013;(24):57–65. (In Russ.). EDN: SCEOKV
- [5] Rikhvanov LP. (ed.) *Biogeochemical monitoring of tailings of mining industry, taking into account microbiological factors of the mineral component transformation*. Novosibirsk: SB RAS publ.; 2017. 437 p. (In Russ.).
- [6] Alekseenko VA, Alekseenko AV. *Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes*. Rostov-on-Don: Southern Federal University; 2013. (In Russ.). EDN: TTOXIV
- [7] Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001;4(1):1–9. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (accessed: 25.12.2024).
- [8] Panchenko LF, Maev IV, Gurevich KG. *Clinical biochemistry of microelements*. Moscow: GOU VUNMTS MZ RF ; 2004. (In Russ.). EDN: QKMHYZ
- [9] Kabata-Pendias A, Pendias H. *Microelements in soils and plants*. Moscow: Mir publ.; 1989. (In Russ.).
- [10] Zhuykova TV, Zinnatova ER. Accumulating capability of plants in areas anthropogenically polluted with heavy metals. *Povolzhskii Ekologicheskii Zhurnal [Volga Region Environmental Journal]*. 2014;(2):196–207. (In Russ.). EDN: SMZDGZ
- [11] Votkevich GV, Kokin AV, Miroshnikov AI, Prokhorov VG. *Handbook of geochemistry*. Moscow: Nedra publ.; 1990. 480 p. (In Russ.).
- [12] Dyakova NA. Accumulation of heavy metals and arsenic by medicinal plant raw material of bitter hollow. *Izvestiya of Saratov University. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2020;20(4):445–452. (In Russ.). <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-4-445-453> EDN: TELUNC
- [13] Myadelets MA, Siromlya TI. Features of the ecological state of the soil and vegetation cover along highways and in recreational areas of Novosibirsk. *Modern problems of science and education*. 2015;(5). URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22706> (date accessed: 12/18/2024). (In Russ.). EDN: YTIHTG

- [14] Dyakova NA. Study of peculiarities of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials of synanthropic flora of Voronezh region. *Chemistry of plant raw materials*. 2023;(2):163–170. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20230211725> EDN: ZWJEZY
- [15] Dyakova NA. Features of accumulation of heavy metals and arsenic in medicinal plant raw materials of dandelion of medicinal collected in urb- and agrobiocenoses of Voronezh region. *Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry*. 2021;24(3):49–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.29296/25877313-2021-03-07> EDN: TGLLAO
- [16] Egorova IN. *Content of heavy metals and radionuclides in raw medicinal plants of the Kemerovo region* (abstract of the dissertation). Tomsk; 2010. (In Russ.). EDN: QGTQGV
- [17] Sosorova SB, Merkusheva MG, Ubugunov LL. Content of trace elements in medicinal plants of different ecosystems of Lake Kotokelskoye (Western Transbaikalia). *Chemistry of plant raw materials*. 2016;(2):53–59. (In Russ.). EDN: WKTYXB
- [18] Titov AF, Talanova VV, Kaznina NM. *Physiological bases of plant resistance to heavy metals*. Petrozavodsk: Institute of Biology Karelian Research Center, RAS; 2011. 77 p. (In Russ.). EDN: QKUKXZ
- [19] Protasova NA, Gorbunova NS. Nickel, lead, and cadmium forms in chernozems of the central chernozemic zone. *Agrochemistry*. 2006;(8):68–76. (In Russ.). EDN: HVIXWD
- [20] Kashin VK. Conditionally necessary microelements in the medicinal herbs of Transbaikalia. *Chemistry for Sustainable Development*. 2011;19:259–266. (In Russ.). EDN: NWYNXJ
- [21] Elchininova OA, Puzanov AV, Rozhdestvenskaya TA. Biogeochemistry of lead in the Altai Mountains. *Polzunovsky Vestnik*. 2011;(4-2):122–125. (In Russ.). EDN: OIJBIX
- [22] Afanasyeva LV, Ayushina TA. Accumulation and distribution of trace elements in *Arctostaphylos uva-ursi* plants. *Chemistry of plant raw materials*. 2018;(3):123–128. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2018033718> EDN: VABOZI
- [23] Afanasyeva LV, Kashin VK. Content of elements in *Vaccinium uliginosum* L. plants growing in the Southern Baikal region. *Chemistry of plant raw materials*. 2013;(2):195–200. EDN: RCYKVZ (In Russ.).

Сведения об авторах:

Лескова Ольга Александровна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии и биохимии, Читинская государственная медицинская академия, Российская Федерация, 672000, г. Чита, ул. Горького, д. 39а. ORCID: 0000-0001-9565-3546; eLIBRARY SPIN-код: 5811-9793. E-mail: leskova-olga@inbox.ru

Бондаревич Евгений Александрович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры химии и биохимии, Читинская государственная медицинская академия, Российская Федерация, 672000, г. Чита, ул. Горького, д. 39а. ORCID: 0000-0002-0032-3155; eLIBRARY SPIN-код: 2664-0626. E-mail: bondarevich84@mail.ru

Коцюржинская Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедры химии и биохимии, Читинская государственная медицинская академия, Российская Федерация, 672000, г. Чита, ул. Горького, д. 39а. ORCID: 0000-0003-0061-8014; eLIBRARY SPIN-код: 9009-1380. E-mail: nata_nik_k@mail.ru

Лесков Артём Петрович, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии, химии и методики их обучения, Забайкальский государственный университет, Российская Федерация, 672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, д. 30. ORCID: 0000-0002-4158-5952; eLIBRARY SPIN-код: 6790-8613. E-mail: leskova-olga@inbox.ru

Bio notes:

Olga A. Leskova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry and Biochemistry, Chita State Medical Academy, 39a St. Gorky, Chita, 672000, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-9565-3546; eLIBRARY SPIN-code: 5811-9793. E-mail: leskova-olga@inbox.ru

Evgeniy A. Bondarevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry and Biochemistry, Chita State Medical Academy, 39a St. Gorky, Chita, 672000, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-0032-3155; eLIBRARY SPIN-code: 2664-0626. E-mail: bondarevich84@mail.ru

Natalia N. Kotsyurzhinskaya, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry and Biochemistry, Chita State Medical Academy, 39a Gorky St, Chita, 672000, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-0061-8014; eLIBRARY SPIN-code: 9009-1380. E-mail: nata_nik_k@mail.ru

Artem P. Leskov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Biology, Chemistry and Methods of Their Education, Transbaikal State University, 30 Alexandro-Zavodskaya St, Chita, 672039, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-4158-5952; eLIBRARY SPIN-code: 6790-8613. E-mail: leskova-olga@inbox.ru

DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-219-230

EDN: IGMWYJ

УДК 504.054:504.064.45

Научная статья / Research article

Комплексная геоэкологическая оценка буровых шламов и подходы к их утилизации

Е.В. Гаевая✉*Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация*✉gaevajaev@tyuiu.ru

Аннотация. Рассмотрены химические свойства горной породы и буровых шламов. Буровые шламы оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды: почвенный покров, атмосферный воздух, грунтовые воды. Цель исследования – комплексное изучение химических характеристик в системе «горная порода – буровой раствор – буровой шлам» и предложение подходов к утилизации буровых шламов. При бурении скважин применяют различные типы буровых растворов, которые влияют на физико-химические характеристики шламов. Установлено, что буровой раствор солевой на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров содержит высокие значения водорастворимых солей, наибольшее значение наблюдалось по хлорид-иону – 71 087,0 мг/кг. Буровой раствор на углеводородной основе характеризовался высоким содержанием нефтепродуктов, концентрация этого показателя составила 9000 мг/кг. Содержание тяжелых металлов зависело не только от состава буровых растворов, но и от исходного содержания их в горной породе. Выявлены превышения по мышьяку в образцах горной породы и бурового шлама относительно кларков микроэлементов в литосфере. Результаты исследований позволяют установить закономерности между буровыми шламами и выбором способа обращения, что позволит сократить потребление природных ресурсов и создаст предпосылки эколого-экономического эффекта для регионов.

Ключевые слова: горная порода, буровой раствор, буровой шлам, утилизация, нефтепродукты, валовое содержание тяжелых металлов

История статьи: поступила в редакцию 15.02.2025; доработана после рецензирования 15.04.2025; принята к публикации 15.02.2025.

Заявление о конфликте интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

© Гаевая Е.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Гаевая Е.В. Комплексная геоэкологическая оценка буровых шламов и подходы к их утилизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 219–230. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-219-230>

Integrated geo-ecological assessment of drill cuttings and approaches to their disposal

Elena V. Gaevaya✉

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

✉gaevajaev@tyuiu.ru

Abstract. The study discusses the chemical properties of rock and drill cuttings. Drill cuttings have a negative impact on the components of the natural environment: soil cover, atmospheric air, groundwater. The purpose of the research was a comprehensive study of the chemical characteristics in the system “rock – drilling fluid – drill cuttings” and proposing approaches to the disposal of drill cuttings. When drilling wells, various types of drilling fluids are used, which affect the physical and chemical characteristics of the cuttings. It was established that the water-based salt drilling fluid with the addition of biodegradable polymers contained high values of water-soluble salts, the highest value was observed for chloride ion – 71087.0 mg/kg. The hydrocarbon-based drilling fluid was characterized by a high content of petroleum products, the concentration of this indicator was 9000 mg/kg. The content of heavy metals depended not only on the composition of drilling fluids, but also on their initial content in the rock. Excesses of arsenic in rock and drill cuttings samples relative to the clarkes of microelements in the lithosphere were revealed. The research results make it possible to establish patterns between drill cuttings and the choice of treatment method, which will reduce the consumption of natural resources and create the preconditions for an environmental and economic effect for the regions.

Keywords: rock, drilling fluid, drill cuttings, recycling, petroleum products, gross content of heavy metals

Article history: received 15.02.2025; revised 15.04.2025; accepted 15.02.2025.

Conflicts of interest. The author declares no conflicts of interest.

For citation: Gaevaya E.V. Integrated geo-ecological assessment of drill cuttings and approaches to their disposal. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):219–230. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-219-230>

Введение

Нефтяная промышленность сопряжена с ежегодным образованием отходов бурения, которые направляют на накопление или размещение в шламовые амбары, все это приводит к нарушению равновесия в экосистемах [1–3].

Основными центрами нефтегазодобычи Ямало-Ненецкого автономного округа являются Бованенковский, Новопортовский, Мессояхский. Ведется активное строительство Тамбейского и Каменномысского центров. Освоение

столь значимого ресурсного потенциала неизбежно связано с образованием отходов бурения. Согласно данным сводной статистической отчетности 2-ТП (отходы) по сравнению с 2017 г. в 2022 г. количество отходов бурения выросло в 3 раза.

Среди промышленных отходов наибольший удельный вес и загрязненность имеют буровые отходы, источником которых является буровой раствор.

Ежегодно на долю отходов бурения приходится более 70 % от общего количества отходов производства и потребления, образованных в Ямало-Ненецком автономном округе, Ханты-Мансийском автономном округе-Югра и Тюменской области.

Объем образования буровых отходов зависит от следующих факторов: применяемой технологии бурения, глубины бурения скважины, типа буровых растворов, характеристик и свойств разбуриваемых пород. В среднем на одну скважину образуется от 1000 до 2000 м³ отходов бурения [4; 5].

Буровые шламы представляют собой текучую пастообразную массу темно-серого с металлическим оттенком цвета, маслянистую на ощупь и имеющую запах нефти. По агрегатному состоянию (содержание твердой и жидкой фазы) отходы могут быть систематизированы следующим образом: жидкие (при содержании твердой фазы до 35 % отходы сохраняют свою подвижность и текучесть); полужидкие (пастообразные, при содержании твердой фазы от 35 до 85 %); твердые (при содержании жидкости в составе отходов меньше 15 %) [6–10].

Несмотря на актуальность, буровые отходы до сих пор остаются малоисследованными, особенно в отношении базовых химических веществ. Ряд исследований указывает, что буровые отходы при бурении скважин имеют свои химические характеристики, это зависит от исходного состава пород и технологии бурения, а именно от типа бурового раствора [10–12].

Воздействие буровых отходов на окружающую среду, особенно на состояние почвы, является отрицательным. Основные факторы, приводящие к ухудшению состояния почвенного покрова, – это загрязняющие компоненты буровых отходов, такие как высокая минерализация и щелочность, а также присутствие нефтепродуктов в их составе. Токсичные соли (ионы хлора, натрия, сульфата и гидрокарбоната), а также нефтепродукты могут мигрировать в почве как в вертикальном, так и горизонтальном направлении [12; 13].

Наибольшую актуальность вызывает присутствие тяжелых металлов в буровых отходах, поскольку тяжелые металлы не подвергаются биологическим процессам и мигрируют в окружающей среде.

Буровые отходы содержат как валовое содержание, так и подвижные формы тяжелых металлов. При контакте буровых отходов с атмосферными осадками происходит их переход в водные растворы, при этом осуществляется миграция поллютантов в поверхностные и грунтовые воды [14; 15].

Цель исследования – комплексное изучение химических характеристик в системе «горная порода – буровой раствор – буровой шлам» и предложение подходов к утилизации буровых шламов.

Материалы и методы

При проведении испытаний образцы горной породы, бурового раствора и буровых шламов были отобраны на разных нефтяных месторождениях. Пробы горной породы и бурового шлама отобраны с одной глубины бурения: 1700 м с применением бурового раствора на углеводородной основе; 2300 м с применением бурового раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров.

С целью детализации количественных характеристик изучаемых образцов был определен перечень химических показателей и методик аналитических исследований. Исследование нефтепродуктов осуществляли в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.2.2.2.3:3.64-10, водородного показателя по ГОСТ 26423-85, хлорид-ионов, фосфат-ионов, сульфат-ионов – ПНД Ф 16.1:2.2.3:2.2.69-10, карбонатов – ГОСТ 26424-85, плотного остатка – ГОСТ 26423-85. Валовое содержание тяжелых металлов (кадмий, марганец, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк, кобальт) определяли в соответствии с ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.48-06, МИ 2878-2004, М-МВИ 80-2008 и ПНД Ф 16.1:2.3:3.50-08.

Результаты и обсуждение

При бурении скважин используют различные типы буровых шламов, которые могут меняться в зависимости от интервала бурения, что влияет на физико-химические характеристики отходов. Растворы солевых на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров применяются для бурения в сложных горно-геологических условиях. Буровые растворы на углеводородной основе представляют собой многокомпонентную систему, в которой дисперсионной (несущей) средой является нефть или жидкие нефтепродукты (синтетическое масло, дизельное топливо и др.), а дисперсной (взвешенной) фазой – специально обработанная глина (гидрофобизированный бентонит). Такие растворы используют в ряде геологических условий: зоны перемятых пород, состоящих из смеси сероводорода.

Результаты исследований образцов бурового раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров (БР_{во}) показали слабощелочную реакцию среды (7,41 ед. рН) и высокое содержание водорастворимых солей (хлорид-ионов, карбонат-ионов, сульфат-ионов, фосфат-ионов), наибольшее значение наблюдалось по хлорид-иону – 71087,0 мг/кг. Содержание нефтепродуктов составило 5700 мг/кг (табл. 1).

Буровой раствор на углеводородной основе (БР_{уо}) характеризовался высоким содержанием нефтепродуктов, концентрация этого показателя составила 9000 мг/кг. Реакция среды была нейтральной. Содержание водорастворимых солей в буровом растворе было следующим: хлорид-ионов – 1734,0 мг/кг, сульфат-ионов – 25,0 мг/кг, фосфат-ионов – 4,10 мг/кг, карбонат-ионов – 2,20 ммоль /100 г.

Таблица 1. Химический состав буровых растворов

Наименование показателя	Ед. изм.	БР _{уо}	БР _{со}
pH	ед. pH	6,50 ± 0,10	7,41 ± 0,10
Нефтепродукты	мг/кг	9000 ± 3780	5700 ± 2394
Хлорид-ион	мг/кг	1734 ± 260	71087 ± 10663
Сульфат-ион	мг/кг	25,0 ± 3,75	292,0 ± 44,0
Фосфат-ион	мг/кг	4,10 ± 0,62	291,0 ± 44,0
Карбонат-ион	ммоль/100г	2,20 ± 0,1	10,45 ± 0,52

Примечания: БР_{уо} – буровой раствор на углеводородной основе; БР_{со} – буровой раствор солевой на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров.

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Table 1. Chemical composition of drilling fluids

Indicator name	Unit	DF _{hb}	DF _{wb}
pH	units pH	6,50 ± 0,10	7,41 ± 0,10
Petroleum products	mg/kg	9000 ± 3780	5700 ± 2394
Chloride-ion	mg/kg	1734 ± 260	71087 ± 10663
Sulfate ion	mg/kg	25,0 ± 3,75	292,0 ± 44,0
Phosphate-ion	mg/kg	4,10 ± 0,62	291,0 ± 44,0
Carbonate-ion	mmol/100g	2,20 ± 0,1	10,45 ± 0,52

Notes: DF_{hb} – hydrocarbon-based drilling fluid; DF_{wb} – water-based salt drilling mud with the addition of biodegradable polymers.

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Валовое содержание марганца в буровом растворе на углеводородной основе достигало 427,0 мг/кг. Значения мышьяка зависели от типа применяемого бурового раствора и составили 1,9 и 3,2 мг/кг соответственно. Валовое содержание цинка было 43,0 мг/кг. Солевой буровой раствор с добавлением биоразлагаемых полимеров в своем составе содержал наибольшую концентрацию свинца 19,0 мг/кг (рис. 1).

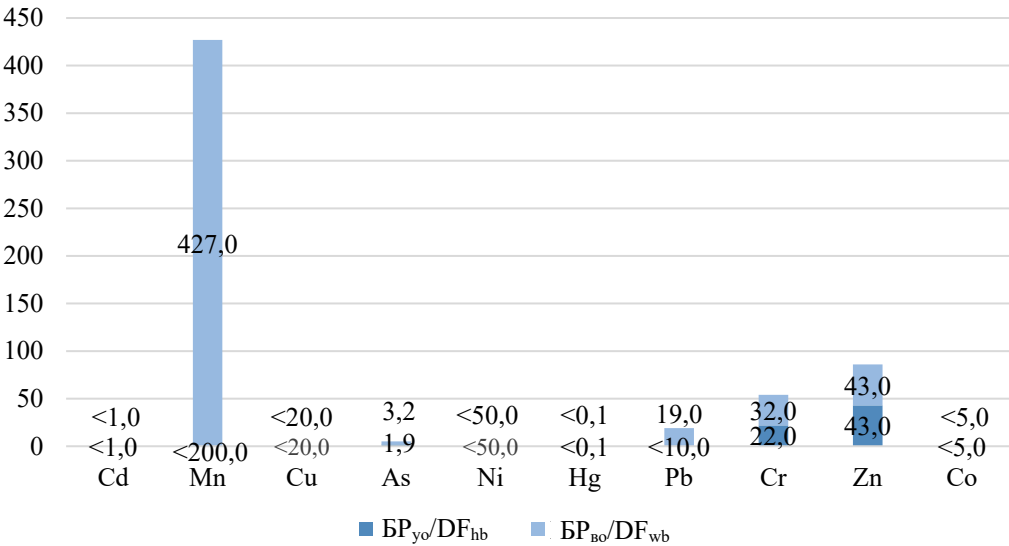


Рис. 1. Валовое содержание тяжелых металлов в разных типах буровых растворов, мг/кг

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Figure 1. Gross content of heavy metals in different types of drilling fluids, mg/kg

Source: compiled by Gaevaya.

Исследования горной породы (глубина отбора 2300 м) показали следующие результаты: содержание хлорид-ионов и сульфат-ионов составило 68,0 и 187,0 соответственно, реакция среды находилась на уровне 8,21 ед. рН, горная порода относилась к сульфатному типу засоления. Горная порода, отобранная с глубины 1700 м, характеризовалась следующими показателями: щелочная среда (9,57 ед. рН), обнаружены все изучаемые водорастворимые соли, кроме фосфатов, плотный остаток составил 0,12 %. Горная порода относилась к хлоридному типу засоления (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав горной породы на глубине 1700 и 2300 м

Наименование показателя	1700 м	2300 м
рН, ед. рН	9,57 ± 0,05	8,21 ± 0,05
Хлорид-ион, мг/кг	1360,0 ± 170,0	68,0 ± 9,0
Сульфат-ион, мг/кг	93,0 ± 12,0	187,0 ± 24,0
Фосфат-ион, мг/кг	<3,0	<3,0
Карбонат-ион, ммоль/100 г	0,71 ± 0,14	<0,15
Плотный остаток, %	0,12 ± 0,028	<0,1

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Table 2. Chemical composition of rock at depths of 1700 and 2300 m

Indicator name	1700 m	1700 m
pH, units pH	9.57 ± 0.05	8.21 ± 0.05
Chloride-ion, mg/kg	1360.0 ± 170.0	68.0 ± 9.0
Sulfate ion, mg/kg	93.0 ± 12.0	187.0 ± 24.0
Phosphate-ion, mg/kg	<3.0	<3.0
Carbonate-ion, mmol/100g	0.71 ± 0.14	<0.15
Dense residue, %	0.12 ± 0.028	<0.1

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Исследования валового содержания изучаемых тяжелых металлов указывали, что превышения выявлены по мышьяку в образцах горной породы относительно кларков микроэлементов в литосфере и составили 2,4 мг/кг, а также в образце с глубиной отбора 1700 м по кадмию – 0,564 мг/кг. Концентрации остальных изучаемых металлов были ниже кларков микроэлементов в литосфере. Мышьяк встречается в горных породах в кристаллических решетках силикатных минералов, в осадочных породах: глинах и аргиллитах (от 3,0 до 12,0 мг/кг). Окислителями мышьяка являются оксиды марганца, концентрации которых составили 408,0 и 462,0 мг/кг. С учетом уровня токсичности данные металлы относятся к 1-му классу опасности и могут обладать в определенных условиях миграционной способностью (рис. 2).

Буровой шлам представлял собой выбуренную горную породу в виде текучей пастообразной массы, от серого до темно-серого с металлическим оттенком цвета. Результаты исследований образцов бурового шлама с применением раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров (БШ_{во}) показали высокие значения хлорид-ионов – 6568,0 мг/кг. Концентрация карбонат-иона составила 2,0 ммоль/100 г, сульфат-ионов 93,0 мг/кг, фосфат-ионов 22,0 мг/кг, нефтепродуктов – 1700,0 мг/кг.

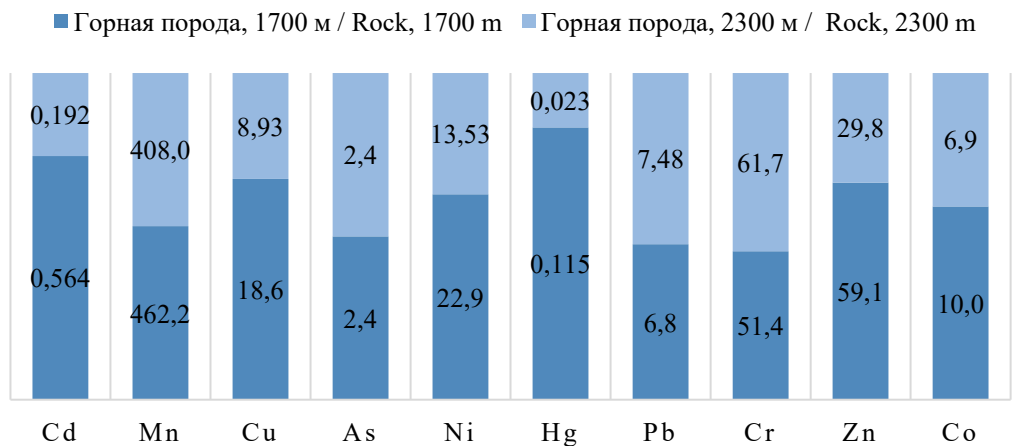


Рис. 2. Валовое содержание тяжёлых металлов в горной породе, мг/кг

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Figure 2. Gross content refers to the metals in the rock, mg/kg

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Изученные буровые шламы на углеводородной основе (БШ_{уо}) характеризовались слабощелочной реакцией среды (7,31 ед. рН). Содержание водорастворимых солей в буровом шламе было следующим: хлорид-ион – 4049,0 мг/кг, сульфат-ион – 140,0 мг/кг. Концентрация карбонат-иона в буровом шламе составила 1,75 ммоль/100г. Остаточное содержание нефтепродуктов в буровом шламе – 4500,0 мг/кг (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав буровых шламов с применением разных типов буровых растворов

Наименование показателя	БШ _{уо}	БШ _{во}
рН, ед. рН	7,31 ± 0,10	8,70 ± 0,10
Нефтепродукты, мг/кг	4500,0 ± 1890,0	1700,0 ± 714,0
Хлорид-ион, мг/кг	4049,0 ± 607,4	6568,0 ± 985,0
Сульфат-ион, мг/кг	140,0 ± 21,0	93,0 ± 14,0
Фосфат-ион, мг/кг	<3,0	22,0 ± 3,3
Карбонат-ион, ммоль/100 г	1,75 ± 0,1	2,0 ± 0,1
Плотный остаток, %	0,83 ± 0,083	2,48 ± 0,17

Примечания: БШ_{уо} – буровой шлам на углеводородной основе; БШ_{во} – буровой шлам на водной основе.

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Table 3. Chemical composition of drill cuttings using different types of drilling fluids

Indicator name	DC _{hb}	DC _{wb}
pH, units pH	7.31 ± 0.10	8.70 ± 0.10
Petroleum products, mg/kg	4500.0 ± 1890.0	1700.0 ± 714.0
Chloride-ion, mg/kg	4049.0 ± 607.4	6568.0 ± 985.0
Sulfate ion, mg/kg	140.0 ± 21.0	93.0 ± 14.0
Phosphate-ion, mg/kg	<3.0	22.0 ± 3.3
Carbonate-ion, mmol/100g	1.75 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Dense residue, %	0.83 ± 0.083	2.48 ± 0.17

Notes: DC_{hb} – hydrocarbon-based drill cuttings; DC_{wb} – drill cuttings in a salt water solution with the addition of biodegradable polymers.

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Содержание тяжелых металлов зависело не только от компонентов, входящих в состав бурового раствора, но и от свойств выбуренной горной породы. Результаты валовых содержаний тяжелых металлов в буровых шлаках с применением разных типов буровых растворов представлены на рис. 3.

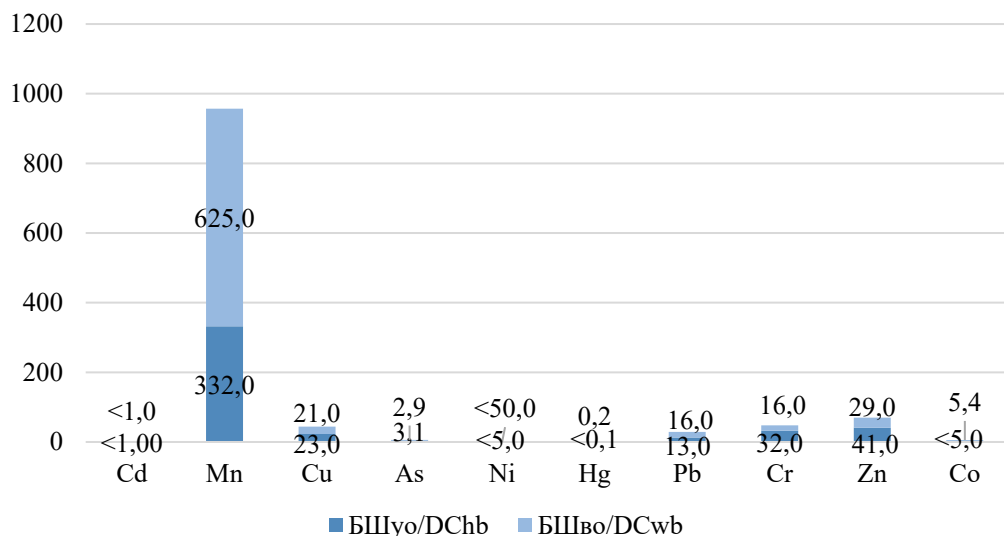


Рис. 3. Валовое содержание тяжелых металлов в буровых шлаках с применением разных типов буровых растворов, мг/кг

Источник: составлено Е.В. Гаевой.

Figure 3. Gross content of heavy metals in drill cuttings using different types of drilling fluids, mg/kg

Source: compiled by E.V. Gaevaya.

Концентрации кадмия и никеля в изучаемых образцах находились ниже порога чувствительности используемых методик измерений. Максимальные значения наблюдались по марганцу и составили 332,0...625,0 мг/кг.

Концентрация ртути была обнаружена в буровых шлаках с применением раствора на углеводородной основе и составила 0,24 мг/кг, в остальных пробах значения этого элемента были ниже предела обнаружения метода. Концентрации цинка были определены во всех изучаемых пробах и варьировали от 29,0 до 41,0 мг/кг.

Валовое содержание мышьяка в изучаемых образцах составило 2,0...3,06 мг/кг, при этом значения элементов превышали кларки микроэлементов в литосфере.

С целью выработки стратегии управления буровыми шлаками их необходимо систематизировать. Систематизация отходов должна быть направлена на решение следующих задач:

- установление закономерностей между буровыми шлаками и выбором способа обращения: утилизация, обезвреживание или размещение;
- снижение количества и объема вносимых компонентов;
- снижение количества буровых шламов, подлежащих к размещению (захоронению);

– достижение соответствия геоэкологическим требованиям результатов утилизации, обезвреживания или размещения.

Рассмотренные химические показатели горной породы и буровых шламов подтверждают негативное воздействие отходов на окружающую природную среду. При дальнейшей утилизации или обезвреживании буровых шламов необходимо учитывать исходные свойства отходов и осуществлять подбор технологий, позволяющих получить материалы с характеристиками, не превышающими предельно допустимые концентрации химических веществ. В связи с этим значимость показателей, влияющих в процессе утилизации или обезвреживания буровых шламов, можно выразить в следующем соотношении:

$$X_1 > X_2 > X_3 > X_4 > X_5 > X_6,$$

где X_1 – остаточное содержание нефтепродуктов, мг/кг; X_2 – содержание растворимых солей (хлориды), мг/кг; X_3 – содержание растворимых солей (сульфаты), мг/кг; X_4 – содержание растворимых солей (карбонаты), ммоль/100 г; X_5 – содержание плотного остатка, %; X_6 – валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг.

Заключение

Горная порода в своем составе содержит вещества, которые могут оказать негативное воздействие на окружающую среду. Применение разных типов буровых растворов при бурении скважины влияет на остаточное содержание загрязняющих веществ в буровых шламах. По результатам исследований было установлено, что изученные буровые растворы на углеводородной основе характеризовались высоким содержанием нефтепродуктов (9000 мг/кг). При изучении буровых шламов и бурового раствора солевого на водной основе с добавлением биоразлагаемых полимеров выявлено, что они имеют высокие концентрации водорастворимых солей, значения хлорид-ионов в буровом растворе и буровых шламах составили 71 087 мг/кг и 6568 мг/кг, соответственно. Содержание тяжелых металлов зависит не только от компонентов, входящих в состав бурового раствора, но и от исходного содержания их в горной породе.

Результаты исследований позволяют установить закономерности между буровыми шламами и выбором способа обращения (утилизация, обезвреживание), вовлечение буровых шламов в технологические цепочки хозяйственной деятельности, что дает возможность сократить потребление природных ресурсов и создает предпосылки для улучшения эколого-экономической ситуации в регионах.

Список литературы

- [1] Шеметов Ю.В. Требования к экологической чистоте технологии бурения скважин // *Экология в газовой промышленности* : прил. к журналу «Газовая промышленность». Москва : Газоил пресс, 1998. С. 34–37.

- [2] Федорив Л.В., Шевчук Н.П., Хмаринов Л.К. Об опасности отходов бурения скважин // Нефтяное хозяйство. 2000. № 3. С. 70–71.
- [3] Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь : Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с. EDN: QKEBFN
- [4] Пичугин Е.А., Шенфельд Б.Е., Кетов А.А. Комплексная оценка экологичности и качества технологий сооружения земляного полотна автодорог с использованием шламопесчаной смеси – продукта утилизации отходов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2018. № 2 (30). С. 86–97. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.07 EDN: XRZENJ
- [5] Сакаева Э.Х., Рудакова Л.В. Оценка биологической активности техногрунтов на основе буровых шламов для рекультивации нарушенных земель // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 4. С. 192–197. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-192-197 EDN: QZPRHQ
- [6] Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. Москва : Недра, 1997. 483 с.
- [7] Власов А.С., Пугин К.Г., Тюрюханов К.Ю., Рудакова Л.В., Глушанкова И.С., Сурков А.А. Разработка способа получения геоэкологически безопасных дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 11. С. 19–23. DOI: 10.18412/1816-0395-2020-11-19-23 EDN: JXAABU
- [8] Малахова Ю.В., Остах О.С., Мазлова Е.А. Экологические проблемы, связанные с содержанием государственных скважин на лицензионном участке недропользователя // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 8. С. 66–71. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-8-66-71> EDN: XQVFSU
- [9] Литвинова Т.А. Современные способы обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов для ликвидации загрязнения окружающей среды // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 123. С. 902–916. <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-062> EDN: XDZXTL
- [10] Солодовников А.Ю., Соромотин А.В. Опыт утилизации отходов бурения в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 12. С. 44–48. EDN: UYHJYP
- [11] Петухова В.С., Скипин Л.Н., Митрофанов Н.Г. Возможности улучшения свойств бурового шлама для их рекультивации // Вестник КрасГАУ. 2012. № 1 (64). С. 28–31. EDN: OOOСNH
- [12] Соромотин А.В. Теоретические основы рекультивации шламовых амбаров после бурения эксплуатационных и разведочных скважин // Проблемы природопользования в районах со сложной экологической ситуацией : материалы Межвузовской научной конференции. Тюмень : Тюменский государственный университет, 2003. С. 21–22. EDN: YXINYN
- [13] Тарасова С.С., Гаевая Е.В. Экологическое воздействие буровых шламов на углеводородной основе и способы их утилизации // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2019. № 3 (73). С. 48–55. <https://doi.org/10.17277/voprosy.2019.03.pp.048-055> EDN: IDBPHR
- [14] Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду // Молодой ученый. 2013. № 9. С. 122–123. EDN: RBBOBZ

- [15] Пугин К.Г., Пугина В.К. Использование отходов в структуре органоминеральных композитов, применяемых для строительства автомобильных дорог // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2021. № 2. С. 38–46. EDN: FTFSIW

References

- [1] Shemetov YuV. Requirements for environmental cleanliness of well drilling technology. In: *Ecology in the gas industry: appendix to the magazine "Gas Industry"*. Moscow: Gazoil Press; 1998. p. 34–37. (In Russ.).
- [2] Fedoriv LV, Shevchuk NP, Khmarinov LK. On the danger of well drilling waste. *Neftyanoe khozyaystvo – Oil Industry*. 2000;(3):70–71. (In Russ.).
- [3] Buzmakov SA, Kostarev SM. *Technogenic changes in the components of the natural environment in oil-producing areas of the Perm region*. Perm: Publishing house of Perm University; 2003. (In Russ.). EDN: QKEBFN
- [4] Pichugin EA, Shenfeld BE, Ketov AA. Comprehensive assessment of environmental compatibility and quality of road bed construction with the use of sludge-sand mixture - the product of waste recycling. *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Applied ecology. Urban development*. 2018;(2):86–97. (In Russ.) DOI: 10.15593/2409-5125/2018.02.07 EDN: XRZEHJ
- [5] Sakaeva EK, Rudakova LV. Assessment of the biological activity of industrial soils based on drill slurries for reclamation of disturbed lands. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020(4):192–197. (In Russ.) DOI: 10.25750/1995-4301-2020-4-192-197 EDN: QZPRHQ
- [6] Bulatov AI, Makarenko PP, Shemetov VYu. *Environmental protection in the oil and gas industry*. Moscow: Nedra publ.; 1997. (In Russ.).
- [7] Vlasov A.S., Pugin K.G., Tyuryuhanov K.Yu., Rudakova L.V., Glushankova I.S., Surkov A.A. Development of a method for obtaining geocologically safe road construction materials based on drill cuttings. *Ecology and Industry of Russia*. 2020;24(11):19-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-11-19-23> EDN: JXAABU
- [8] Malakhova Y, Ostakh O, Mazlova E. Environmental challenges associated with the maintenance of state wells in the licensed claim. *Ecology and Industry of Russia*. 2021;25(8):66-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-8-66-71> EDN: XQVFSU
- [9] Litvinova TA. Modern ways of oil-contaminated waste utilization for the elimination of pollution. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2016;123:902-916. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1990-4665-123-062> EDN: XDZXTL
- [10] Solodovnikov AY, Soromotin AV. Experience of drilling waste utilization in Khanty-Mansi autonomous district – Yugra. *Environmental protection in the oil and gas complex*. 2015;12:44-48. (In Russ.) EDN: UYHJYP
- [11] Petukhova VS, Skipin LN, Mitrofanov NG. Possibilities for the boring sludge property improvement for their recultivation. *Bulletin of KrasGAU*. 2012;(1):28–31. (In Russ.) EDN: OOOCNH
- [12] Soromotin AV. Theoretical foundations for the reclamation of sludge pits after drilling production and exploration wells. In: *Problems of environmental management in areas with complex environmental situations. Materials of the Interuniversity Scientific Conference*. Tyumen: Tyumen State University publ.; 2003. p. 21–22. (In Russ.) EDN: YXINYK

- [13] Tarasova SS, Gaevaya EV. Environmental impact of hydrocarbon drilled sludge and methods of their disposal. *Problems of Contemporary Science and Practice Vernadsky University*. 2019;(3):48–55. (In Russ.) <https://doi.org/10.17277/voprosy.2019.03.pp.048-055> EDN: IDBPHR
- [14] Pichugin EA. Assessment of the impact of drill cuttings on the environment. *Young scientist*. 2013;9:122–123. (In Russ.) EDN: RBBOBZ
- [15] Pugin KG, Pugina VK. Waste use in the structure of organomineral composites used for the construction of motorroads. *Transport. Transport facilities. Ecology*. 2021;(2):38–46. (In Russ.) EDN: FTFSIW

Сведения об авторе:

Гаевая Елена Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, Российская Федерация, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38. eLIBRARY SPIN-код: 7995-7324. E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru

Bio note:

Elena V. Gaevaya, PhD in Biology, Professor of Technosphere Safety Department, Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo St, Tyumen, 625000, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 7995-7324. E-mail: gaevajaev@tyuiu.ru