

**16+**

ISSN 2077-6322 (print)

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В. Н. ТАТИЩЕВА

# **ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ**

## **GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY**

*Журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук по отраслям:*

*25.00.01 – Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки);*

*1.6.6 – Гидрогеология (геолого-минералогические науки);*

*1.6.12 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки);*

*1.6.15 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель (географические науки);*

*1.6.17 – Океанология (геолого-минералогические науки);*

*1.6.21 – Геоэкология (географические науки);*

*1.6.21 – Геоэкология (геолого-минералогические науки).*

*According to the solution of the Highest certifying commission the "Geology, Geography and Global Energy" journal is included in the List of the conducting reviewed scientific journals and editions in which the main scientific results of theses on competition of an academic degree of the doctor and candidate of science have to be published.*

**2025. № 4 (99)**

Астрахань  
Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева  
2025

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом  
Астраханского государственного университета имени В. Н. Татищева

## ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
2025. № 4 (99)

### Редакционная коллегия:

*Главный редактор:*

**БАРМИН А. Н.**, д-р геол. наук, профессор, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева

*Заместитель главного редактора:*

**ПОПКОВ В. И.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Кубанский государственный университет

*Ответственный секретарь:*

**КОЛЧИН Е. А.**, канд. геогр. наук, доцент, Астраханский государственный университета имени В. Н. Татищева

*Члены редакционной коллегии:*

**Анисимов Л. А.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Волгоградский государственный университет;

**Бузмаков С. А.**, д-р геогр. наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет;

**Валов М. В.**, канд. геогр. наук, доцент, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева;

**Великородов А. В.**, д-р хим. наук, профессор, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева;

**Гончаренко О. П.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского;

**Колбовский Е. Ю.**, д-р геогр. наук, профессор, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова;

**Корнилов А. Г.**, д-р геогр. наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет;

**Кулик К. Н.**, д-р сельхоз. наук, профессор, академик РАН, Волгоградский государственный университет;

**Левыкин С. В.**, д-р геогр. наук, профессор, Институт степи Уральского отделения РАН, г. Оренбург;

**Лихтер А. М.**, д-р техн. наук, профессор, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева;

**Луговской А. М.**, д-р геогр. наук, профессор, Московский государственный университет геодезии и картографии;

**Миллинчич М. А.**, д-р геогр. наук, ординарный профессор, Белградский университет, директор Центра Русского географического общества в Сербии;

**Пьянков С. В.**, д-р геогр. наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет;

**Розенберг Г. С.**, д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН;

**Селезнев А. А.**, канд. геол.-минерал. наук, доцент, Институт промышленной экологии УРО РАН;

**Сианисян Э. С.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Южный федеральный университет;

**Тишков А. А.**, д-р геогр. наук, проф., чл.-корр. РАН, Институт географии РАН;

**Трофимов В. Т.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова;

**Тырков А. Г.**, д-р хим. наук, профессор, Астраханский государственный университета имени В. Н. Татищева;

**Чеснокова И. В.**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Институт водных проблем РАН;

**Чибилев А. А.**, д-р геогр. наук, профессор, академик РАН, Институт степи Уральского отделения РАН;

**Шагин С. И.**, д-р геогр. наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова;

ISSN 2077-6322 (print)

Рецензируемый журнал «Геология, география и глобальная энергия» публикует теоретические, обзорные, а также экспериментально-исследовательские статьи по проблемам геологии, географии, истории становления этих наук, краткие сообщения и информацию о новых методах экспериментальных исследований, а также работы, освещающие современные технологии поиска и разработки полезных ископаемых и др.

Журнал публикует информацию о юбилейных датах, новых публикациях издательства университета по геологии и географии, информацию о предстоящих и прошедших научных конференциях, симпозиумах, съездах.

Журнал адресован российским и зарубежным ученым, докторам, аспирантам и всем интересующимся достижениями естественных наук в России и за рубежом.

Журнал «Геология, география и глобальная энергия» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Регистрационный номер ПИ № ФС 77-32762 от 08.08.2008.

При цитировании ссылка на журнал «Геология, география и глобальная энергия / Geology, Geography and Global Energy» обязательна.

Ответственность за содержание статей несут авторы. Статьи выражают точку зрения автора, с которой редколлегия может не соглашаться.

Все материалы, поступающие в редколлегию журнала, проходят независимое рецензирование.

Журнал основан в январе 2001 года. Журнал выходит 4 раза в год.

Геология, география и глобальная энергия / Geology, Geography and Global Energy. 2025. № 4 (99).

### Адрес редакции:

414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20

Тел.: +7 (908) 618-41-96,

E-mail: abarmin60@mail.ru

E-mail: Geologi2007@yandex.ru

сайт: <https://geo.asu.edu.ru/>

© Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, 2025

Recommended for publication by the Editorial and Publishing Council  
Astrakhan Tatishchev State University

## GEOLOGY, GEOGRAPHY AND GLOBAL ENERGY

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL  
2025. No. 4 (99)

### Editorial Board:

#### *Editor-in-Chief:*

**BARMIN A. N.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Astrakhan Tatishchev State University

#### *Deputy Editor-in-Chief:*

**POPKOV V. I.**, Doctor of Sciences (Geological and Mineralo-  
gical), Professor, Kuban State University

#### *Executive Secretary:*

**KOLCHIN E. A.**, Candidate of Sciences (Geographical), As-  
sociate Professor, Astrakhan Tatishchev State University;

#### *Members of the Editorial Board:*

**Anisimov L. A.**, Doctor of Sciences (Geological and Mineralo-  
gical), Professor, Volgograd State University;

**Buzmakov S. A.**, Doctor of Sciences (Geographical), Profes-  
sor, Perm State National Research University;

**Valov M. V.**, Candidate of Sciences (Geographical), Associate  
Professor, Astrakhan Tatishchev State University;

**Velikorodov A. V.**, Doctor of Sciences (Chemical), Professor,  
Astrakhan Tatishchev State University;

**Goncharenko O. P.**, Doctor of Sciences (Geological and Mine-  
ralogical), Professor, Saratov State University named after  
N. G. Chernyshevsky;

**Kolbovsky E. Yu.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Lomonosov Moscow State University;

**Kornilov A. G.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Belgorod State National Research University;

**Kulik K. N.**, Doctor of Sciences (Agricultural), Professor,  
Academician of the RAS, Volgograd State University;

**Levykin S. V.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg;

**Lichter A. M.**, Doctor of Sciences (Technical), Professor,  
Astrakhan Tatishchev State University;

**Lugovskoy A. M.**, Doctor of Sciences (Geographical), Profes-  
sor, Moscow State University of Geodesy and Cartography;

**Milincic M. A.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor  
Emeritus, University of Belgrade, Director of the Center of the  
Russian Geographical Society in Serbia;

**Pyankov S. V.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Perm State National Research University;

**Rosenberg G. S.**, Corresponding Member of the RAS, Doctor  
of Sciences (Biological), Professor, Institute of Ecology  
of the Volga basin of the RAS;

**Seleznev A. A.**, Doctor of Sciences (Geological and Mineralo-  
gical), Associate Professor, Institute of Industrial Ecology  
of the Ural Branch of the RAS;

**Sianisyan E. S.**, Doctor of Sciences (Geological and Mineralo-  
gical), Professor, Southern Federal University;

**Tishkov A. A.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Corresponding Member of the RAS, Institute of Geography  
of the RAS;

**Trofimov V. T.**, Doctor of Sciences (Geological and Mineralo-  
gical), Professor, M. V. Lomonosov Moscow State University;

**Tyrkov A. G.**, Doctor of Sciences (Chemical), Professor,  
Astrakhan Tatishchev State University;

**Chesnokova I. V.**, Doctor of Sciences (Geological and Minera-  
logical), Professor, Institute of Water Problems of the RAS;

**Chibilev A. A.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor,  
Academician of the RAS, Institute of Steppe of the Ural Branch  
of the RAS;

**Shagin S. I.**, Doctor of Sciences (Geographical), Professor, Ka-  
bardino-Balkarian State University named after H. M. Berbekov

### ISSN 2077-6322 (print)

The peer-reviewed journal "Geology, Geography and Global Energy" publishes theoretical, review, as well as experimental research articles on the problems of geology, geography, the history of the formation of these sciences, brief reports and information on new methods of experimental research, as well as works highlighting modern technologies for the search and development of minerals, etc.

The journal publishes information about anniversaries, new publications of the University's publishing house on geology and geography, information about upcoming and past scientific conferences, symposiums, and congresses.

The journal is addressed to Russian and foreign scientists, doc-  
tors, postgraduates and anyone interested in the achievements  
of natural sciences in Russia and abroad.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is regis-  
tered with the Federal Service for Supervision of Communica-  
tions, Information Technology and Mass Communications.  
Registration number PI No. FS 77-32762 from 08.08.2008.

When quoting, a reference to the journal "Geology, Geography  
and Global Energy" is required.

The authors are responsible for the content of the articles. The  
articles express the author's point of view, which the editorial  
board may disagree with.

All materials submitted to the editorial board of the journal are  
independently censored.

The journal was founded in January 2001. The journal is pub-  
lished 4 times a year.

Geologiya, geografiya and globalnaya energiya / Geology,  
Geography and Global Energy. 2025. No. 4 (99).

### Editorial office address:

20 Tatishchev St., Astrakhan, 414056

Tel.: +7 (908) 618-41-96,

E-mail: abarmin60@mail.ru

E-mail: Geologi2007@yandex.ru

Website: <https://geo.asu.edu.ru/>

© Astrakhan Tatishchev State University, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Будылина М. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А.</i> Историко-географическая индикация динамического состояния лесных ландшафтов Воронежской области .....	6
<i>Кравченко Е. И., Голованов Д. Л., Мушников Н. А., Мусаэлян Р. Э., Гордиенко О. А., Аманжолов А. И., Кушербаев С. А.</i> Почвы Джезказганского ботанического сада (Республика Казахстан) в системе российской и международной классификаций .....	10
<i>Гичун И. А., Мирсанова А. А., Луговской А. М.</i> Оценка экосистемных услуг почвы популяций борщевика Сосновского в Московском регионе .....	22

### ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Барсукова Г. Н., Березина А. М., Голиков А. Д.</i> Повышение эффективности производства риса в Краснодарском крае .....	29
<i>Богомазов С. В., Ефремова Е. В., Ткачук О. А., Лянденбургская А. В., Козлов М. С.</i> Геоинформационный анализ и оценка состояния полевых защитных полос .....	34
<i>Макаренко Е. Ю., Шульжеский И. С., Барсукова Г. Н., Перов А. Ю.</i> Обоснование эффективности использования садопригодных земель в Приморско-Ахтарском районе .....	41

### ГЕОЭКОЛОГИЯ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

<i>Аппаева Ж. Ю.</i> Оценка физической эффективности и величины предотвращенного ущерба от градобитий на защищаемой территории республик Северного Кавказа .....	48
<i>Дымова Т. В.</i> Пожары тростника на природно-урбанизированных территориях .....	53
<i>Иванова Е. Ю., Кухтенков Д. А.</i> Геоэкологическая оценка природно-территориальных комплексов на основе дистанционного мониторинга и информационно-имитационных моделей .....	58
<i>Жулидов А. В., Липкович А. Д., Кожара А. В., Швердяев И. В., Гуртовая Т. Ю.</i> Ртуть в мышцах ушастых ежей <i>Hemiechinus auritus</i> (S.G. Gmelin, 1770) из районов с разной степенью ртутного загрязнения в Российской Федерации и Южной Фергане .....	66
<i>Исмаилова Э. А.</i> Возможности развития историко-культурного туризма в Ордубадском районе Нахчыванской Автономной Республики .....	73
<i>Иванова Е. Ю., Липовская Е. С.</i> Оценка экологического состояния водных объектов в границах особо охраняемых природных территорий «Долина реки Сетуни» города Москвы .....	80
<i>Шестакова К. М., Зайцев Р. А., Межова Л. А., Луговской А. М.</i> Теоретические и прикладные геоэкологические подходы к изучению урбосреды .....	88
<i>Клементьева А. В.</i> Оценка качества поверхностных вод природных водоемов города Астрахани по уровню содержания различных химических соединений .....	95

АННОТАЦИЯ .....	103
-----------------	-----

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА .....	104
-----------------------------------	-----

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ .....	110
--	-----

## CONTENTS

### PHYSICAL GEOGRAPHY AND BIOGEOGRAPHY, GEOGRAPHY OF SOILS AND GEOCHEMISTRY OF LANDSCAPES (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Budylna M. Yu., Lugovskoy A. M., Mezhova L. A.</i> Historical and Geographical indication of the dynamic state of the forest landscapes of the Voronezh Region .....	6
<i>Kravchenko E. I., Golovanov D. L., Mushnikova N. F., Musaelyan R. E., Gordienko O. A., Amanzholov A. I., Kuserbayev S. A.</i> Soils of the Jezkazgan botanical garden (Republic of Kazakhstan) in the system of Russian and international classifications .....	10
<i>Gichun I. A., Mirsanova A. A., Lugovskoy A. M.</i> Assessment of ecosystem services of the soil of Sosnowsky's hogweed populations in the Moscow region .....	22

### LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Barsukova G. N., Berezina A. M., Golikov A. D.</i> Improving the efficiency of rice production in the Krasnodar region.....	29
<i>Bogomazov S. V., Efremova E. V., Tkachuk O. A., Lyandenburskaya A. V., Kozlov M. S.</i> Geoinformation analysis and assessment of the state of shelterbelts .....	34
<i>Makarenko E. Yu., Shulzhevsky I. S., Barsukova G. N., Perov A. Yu.</i> Justification of the efficiency of using gardenable lands in the Primorsko-Akhtarsky district .....	41

### GEOECOLOGY (GEOGRAPHICAL SCIENCES)

<i>Appaeva Zh. Yu.</i> Assessment of the physical effectiveness and magnitude of the prevented damage from hail strikes in the protected territory of the republics of the North Caucasus .....	48
<i>Dymova T. V.</i> Cane fires in natural-urbanized territories .....	53
<i>Ivanova E. Yu., Kukhtenkov D. A.</i> Geoecological assessment of natural territorial complexes on remote monitoring and information-simulation models .....	58
<i>Zhulidov A. V., Lipkovich A. D., Kozhara A. V., Sheverdyayev I. V., Gurtovaya T. Yu.</i> Mercury in the Muscles of Common Long-Eared Hedgehogs <i>Hemiechinus auritus</i> (S.G. Gmelin, 1770) from Areas with Various Lever of Mercury Contamination in the Russian Federation and South Fergana.....	66
<i>Ismaylova E. A.</i> Possibilities of developing historical and cultural tourism in the Ordubad region of the Nakhchivan Autonomous Republic .....	73
<i>Ivanova E. Yu., Lipovskaya E. S.</i> Assessment of the ecological state of water bodies within the boundaries of the protected natural «Setun River Valley» of the city of Moscow .....	80
<i>Shestakova K. M., Zaitsev R. A., Mezhova L. A., Lugovskoy A. M.</i> Theoretical and applied geoecological approaches to the study of the urban environment .....	88
<i>Klementeva A. V.</i> Assessment of the quality of surface water of natural water bodies of the city of Astrakhan by the level of content of various chemical compounds.....	95

ABSTRACT .....	103
RULES FOR AUTHORS .....	104
ORDER OF REVIEWING .....	110

## ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

*Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 4 (99). С. 6–9.  
*Geology, Geography and Global Energy.* 2025;4(99):6–9 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 911.5/9  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.001>

### ИСТОРИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Будылина Марина Юрьевна<sup>1</sup>, Луговской Александр Михайлович<sup>2</sup>, Межова Лидия Александровна<sup>3</sup>✉

<sup>1,3</sup>Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

<sup>1</sup>million777.79@mail.ru

<sup>2</sup>alug1961@yandex.ru

<sup>3</sup>lidiya09mezhova@yandex.ru ✉

**Аннотация.** В статье проведен историко-географический анализ динамики лесных ландшафтов на территории Воронежской области на основе анализа климатических и дендрохронологических данных с учетом хода осадков и температуры в реализациях солнечных ритмов (22-летнего и векового). При этом дендрохронологические данные не в состоянии отразить качественные изменения в ландшафтах. Суть используемой методики состояла в привязке к дендрохронологической шкале изменений в лесных ландшафтах, которые можно определить как качественные. К таким изменениям можно отнести: смену главной лесобразующей породы; потерю способности породы-индикатора к естественному восстановлению; сокращение ее ареала обитания; катастрофическую гибель древостоев в результате быстрых климатических изменений. Необходимость такого сопоставления определяется тем, что дендрохронологические данные предоставляют возможность проверить, насколько изменения лесов были вызваны антропогенными факторами и насколько природными флюктуациями. Изучение этого аспекта представляет собой непосредственную практическую ценность в лесном и сельском хозяйстве. Выделенные ритмы прироста можно использовать как показатель качественных изменений лесных ландшафтов.

**Ключевые слова:** историко-географическая индикация, дендрохронологические данные, лесные ландшафты

**Для цитирования:** Будылина М. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А. Историко-географическая индикация динамического состояния лесных ландшафтов Воронежской области // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 6–9. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.001>.

### HISTORICAL AND GEOGRAPHICAL INDICATION OF THE DYNAMIC STATE OF THE FOREST LANDSCAPES OF THE VORONEZH REGION

Marina Yu. Budylina<sup>1</sup>, Alexander M. Lugovskoy<sup>2</sup>, Lidiya A. Mezhova<sup>3</sup>✉

<sup>1,3</sup>Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

<sup>2</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

<sup>1</sup>million777.79@mail.ru

<sup>2</sup>alug1961@yandex.ru

<sup>3</sup>lidiya09mezhova@yandex.ru ✉

**Abstract.** The article provides a historical and geographical analysis of the dynamics of forest landscapes in the Voronezh region based on the analysis of climatic and dendrochronological data, taking into account the course of precipitation and temperature in the implementation of solar rhythms (22-year and century-old). At the same time, dendrochronological data are not able to reflect qualitative changes in landscapes. The essence of the methodology used was to link to the dendrochronological scale of changes in forest landscapes, which can be defined as qualitative. Such changes include: the change of the main forest-forming species; loss of the ability of the indicator tree to recover naturally, reduction of its habitat; catastrophic loss of stands as a result of rapid climatic changes. The need for such a comparison is determined by the fact that dendrochronological data provide an opportunity to verify how much forest changes were caused by anthropogenic factors and how much by natural fluctuations. The study of this aspect is of direct practical value in forestry and agriculture. The selected growth rhythms can be used as an indicator of qualitative changes in forest landscapes.

**Keywords:** historical and geographical indication, dendrochronological data, forest landscapes

© Будылина М. Ю., Луговской А. М., Межова Л. А., 2025

**For citation:** Budylna M. Yu., Lugovskoy A. M., Mezhoва L. A. Historical and geographical indication of the dynamic state of the forest landscapes of the Voronezh Region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):6–9. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.001> (In Russ.).

### **Введение**

Динамика состояния лесных ландшафтов включает определение тенденций к сокращению или увеличению занимаемых региональных площадей и лежит в основе их пространственно-динамической классификации. Ландшафты, для которых характерно расширение площадей, относятся к трансгрессивным, а сокращение – к регрессивным. Важно отметить, что если площади лесов существенно не изменяются, то ландшафты относятся к относительно стабильному типу.

В настоящее время известны попытки комплексной оценки состояния лесных ландшафтов на основе дендрохронологических данных, особенностей проявления климатических изменений, географических условий произрастания лесов в различных типах местообитаний.

### **Материалы и методы исследования**

Анализ климатических и дендрохронологических рядов дуба черешчатого, архивных материалов.

### **Основная часть**

Историко-географический анализ условий произрастания дуба в пределах Воронежской области по дендро-архивным данным позволил выделить следующие периоды:

Первый период связан с семнадцатым веком и продолжался до 1750 г. Хотя достоверных данных, касающихся этого времени, почти нет. Из косвенных данных можно предположить, что примерно с 1715 по 1730 г. отмечено снижение водности рек.

В частности, Корнелий Ле-Бруин [1] писал о том, что р. Воронеж сильно обмелела по сравнению со временем строительства флота. Обращают на себя просьбы чинов адмиралтейства о закрытии верфей на Дону. Вероятнее всего, истинная причина состояла в обмелении рек, в возможном снижении количества осадков, а также в «умалении» лесов. Судя по всему, снижение прироста дуба было связано с вековым минимумом осадков. Примерно к этому времени относятся и выпадение ели из состава насаждений Усманского бора. Представляется, что подобные вековые засухи были регулярным явлением для увлажненного «малого ледникового периода». В конце XVII в. обходчики обнаружили молодые сосняки, произраставшие по суходолам. Вероятно, что они возникли на месте пересохших болотистых участков.

Можно отметить, что основные изменения лесов в этот период времени проявлялись в поймах рек. Сложилось оптимальные условия для формирования ландышевых дубрав, которые селились на относительно сухих участках, отмечено сокращение площадей ольшаников. На нагорных участках и надпойменно-террасовом типе местности условия среды обитания дуба ухудшились.

Второй период охватывает время с 1750 по 1840 г. Прирост нагорной формы дуба был высоким. В климатическом отношении период характеризовался как влажный. К этому времени относится ярко выраженная агрессивность наступления березы. Эта порода занимала большинство местообитаний на территории Усманского бора. Имелись березняки и в самых южных лесных массивах, в Хреновском бору и Шиповой дубраве. По свидетельству Н. А. Северцова (1850) [2], в Хреновском бору того времени были болота огромных размеров.

Третий период охватывает интервал с 1841 по 1914 г. Он характеризуется незначительными параметрами прироста дуба.

Низкий прирост дуба, частая повторяемость засух свидетельствуют о том, что все перечисленные явления были вызваны главным образом воздействием природных факторов. Этот период следует считать наиболее неблагоприятным для развития лесной растительности. В это время отмечаются хорошо выраженные признаки структурной перестройки лесов, обусловленной снижением увлажненности, которое отразилось в резком уменьшении площади лесов. Равновесие экологических условий в местоположениях пойм, слабо дренированных участках междуречных суглинистых и глинистых равнин, склонах с обнажениями мела сместилось в пользу условий для роста дуба [3].

Около середины XIX столетия практически полностью исчезают чистопородные вязовники, которые были широко распространены [4]. Леса, образованные вязом (*Ulmus laevis* L.), были преимущественно приурочены к поймам. В настоящее время граница основного ареала этой породы совпадает с рубежами северной и типичной подзон лесостепи.

Значительно сокращается площадь осинников. Можно предположить, что дубравы замещали деградировавшие меловые боры и березняки. Как правило, боры и березняки на карбонатных породах произрастают по склонам северных экспозиций. Кроме того, практически все они соседствуют с дубравами. В это время граница распространения березы отодвигается на север,

и она выпала из состава Шипова леса и Хреновского бора. В это же время происходит замещение сосной березы в Усманском бору и уменьшается площадь болот. В особенно сильной степени пессимальные биоклиматические условия проявились в лесах, приуроченным к склонам южных и восточных экспозиций [5].

Четвертый период начался с 1915 г. и характеризовался общей тенденцией к увеличению количества осадков при одновременном повышении температуры. Эти изменения положительно отразились на приросте нагорной формы дуба.

В целом современный период можно считать благоприятным для развития лесной растительности. Об этом свидетельствует зарастание деревьями и кустарниками старых залежей Каменной степи.

Начиная с 1957 г. наметилась тенденция к структурной перестройке пойменных лесов. На основе ритмики климата дендрохронологических данных можно сделать прогноз относительно тенденций изменения основных параметров увлажнения и температурного режима и характера типов леса.

В этот промежуток времени следует ожидать трансгрессии осоково-березовых, осоково-кочкарных и других видов низовых болот. Для верховых болот можно предположить возможность нарушения водно-солевого баланса. Для лесных местообитаний суффозионных западин характерна тенденция к замещению дуба осиной и ивой.

В надпойменно-террасных местностях следует ожидать вытеснения дубрав осинниками и березняками. В поймах будут наступать ольшаники, происходить «вымочка» дубняков. Общей тенденцией динамики этих ландшафтов будет возврат к прошлой ступени развития.

В парках следует обратить внимание на своевременный учет и замену усыхающих деревьев дуба и сохранение представляющих ценность как элемент исторической структуры. Следует ожидать усиления неконтролируемого зарастания влаголюбивыми породами аллей. Сохраняется тенденция к увеличению площади засоленных земель. Особенно ярко выражены эти процессы будут проходить в Калитвянском южно-степном и Плоскоместном типично-лесостепном районах. Для первого это определяется наличием близко залегающих палеогеновых горных пород, являющихся водоупорными горизонтами. Во втором обусловлено близким залеганием грунтовых вод в связи с низменностью рельефа и широким распространением недренируемых участков. Следует учитывать, что вся южная часть Окско-Донской низменности сохраняет тенденцию к неотектоническому опусканию.

#### **Заключение**

Выявленные особенности динамики лесных ландшафтов нуждаются в проверке и дальнейшем изучении на материале всей Русской равнины. Природные флюктуации отмечены и на подтоплении сосняков. Некоторые явления быстрых изменений лесных ландшафтов обусловлены сложным сочетанием природных и антропогенных условий. В изучении быстрых трансформаций лесной растительности, носящих характер катаклизмов, можно выделить 5 этапов:

- 1) определение биологических особенностей массовой гибели древостоя;
- 2) выявление хронологической структуры рассматриваемого явления;
- 3) сопоставление динамики абиотических природных процессов с ходом интенсивности гибели деревьев;
- 4) характеристика местоположений, в которых отмечено усыхание леса;
- 5) определение пространственных временных закономерностей рассматриваемого явления.

Определенный интерес представляет соответствие периодичности прироста деревьев качественным изменениям лесных ландшафтов. Для этого можно использовать длинные дендрохронологические ряды. Выявлены два максимума и столько же – минимумов. Таким образом, по дендрохронологическим данным, можно выделить четыре периода, соответствующих реализации векового климатического ритма.

#### **Список литературы**

1. Горбачев И. В. К вопросу о роли вод в формировании островных лесных ландшафтов Воронежской области // Вестник Воронежского университета. Серия: География и геоэкология. 2001. № 1. С. 143–149.
2. Межова Л. А., Шереметьев В. И., Сагова З. М. Структура и динамика естественно-исторических и антропогенных факторов лесных геосистем Среднего Подонья // География: развитие науки и образования: коллективная монография по материалам Международной научно-практической конференции LXIX «Герценовские чтения», посвященной 115-летию со дня рождения Станислава Викентьевича Калесника / отв. ред.: В. П. Соломин, В. А. Румянцев, Д. А. Субетто, Н. В. Ловелиус. 2016. С. 304–309.
3. Мельников Е. Е. Временные и пространственные аспекты сукцессий в нагорных дубравах центральной лесостепи: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Воронеж, 2009. 23 с.
4. Нестеров Ю. А. Леса // Эколого-географический атлас-книга Воронежской области. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2013. С. 170–171.
5. Плужников А. А. Оценка состояния и средообразующих функций сосновых насаждений Центральной лесостепи: на примере Воронежской области: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Воронеж, 2014. 167 с.

#### References

1. Gorbachev I. V. On the role of waters in the formation of island forest landscapes of the Voronezh region. *Bulletin of Voronezh University. Series. Geography and Geoecology*. 2001;1:143–149 (In Russ.).
2. Mezhova L. A., Sheremetyev V. I., Sagova Z. M. Structure and dynamics of natural-historical and anthropogenic factors of forest geosystems of the Middle Don region. *Geography: the development of science and education: a collective monograph based on the materials of the International Scientific and practical Conference LXXIX "Herzen Readings", dedicated to the 115th anniversary of the birth of Stanislav Vikentievich Kalesnik*. Responsible editors: V. P. Solomin, V. A. Romyantsev, D. A. Subetto, N. V. Lovelius. 2016:304–309 (In Russ.).
3. Melnikov E. E. *Temporal and spatial aspects of successions in the upland oak forests of the central forest-steppe: abstract of the dissertation of the Candidate of Biological Sciences: 03.00.16*. Voronezh; 2009:23 (In Russ.).
4. Nesterov Yu. A. *Forests*. Ecological and geographical atlas is a book of the Voronezh Region. Voronezh: Voronezh State University; 2013:170–171 (In Russ.).
5. Pluzhnikov A. A. *Assessment of the state and environment-forming functions of pine plantations in the Central forest-steppe: on the example of the Voronezh region: dissertation of the Candidate of Agricultural Sciences: 06.03.02*. Voronezh; 2014:167 (In Russ.).

#### Информация об авторах

Будылина М. Ю. – аспирант кафедры географии и туризма;  
Луговской А. М. – доктор географических наук, профессор кафедры географии;  
Межова Л. А. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии и туризма.

#### Information about the authors

Budylyna M. Yu. – postgraduate student of the Department of Geography and Tourism;  
Lugovskoy A. M. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor of the Department of Geography;  
Mezhova L. A. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Geography and Tourism.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.08.2025; одобрена после рецензирования 27.08.2025; принята к публикации 10.09.2025.

The article was submitted 11.08.2025; approved after reviewing 27.08.2025; accepted for publication 10.09.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 10–21.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):10–21 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 631.445.5  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.002>

## ПОЧВЫ ДЖЕЗКАЗГАНСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН) В СИСТЕМЕ РОССИЙСКОЙ И МЕЖДУНАРОДНОЙ КЛАССИФИКАЦИЙ

Кравченко Елена Игоревна<sup>1✉</sup>, Голованов Дмитрий Леонидович<sup>2</sup>, Мушникова Наталья Александровна<sup>3</sup>, Мусаэлян Роман Эдуардович<sup>4</sup>, Гордиенко Олег Андреевич<sup>5</sup>, Аманжолов Айдын Иманкешович<sup>6</sup>, Кушербаев Султан Асанбаевич<sup>7</sup>

<sup>1,4</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

<sup>2</sup>Университет МГУ-ППИ, 518172 Шэньчжэнь, Китай

<sup>2,3</sup>Московский государственный университет им. В.В. Ломоносова, Москва, Россия

<sup>4</sup>Геологический институт РАН, Москва, Россия

<sup>5</sup>Волгоградский государственный университет, Волгоград, Россия

<sup>6,7</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

<sup>1</sup>[krav4enko\\_elena@mail.ru](mailto:krav4enko_elena@mail.ru)<sup>✉</sup>

<sup>2</sup>[dm\\_golovanov@mail.ru](mailto:dm_golovanov@mail.ru)

<sup>3</sup>[mushal@yandex.ru](mailto:mushal@yandex.ru)

<sup>4</sup>[romaniero1@gmail.com](mailto:romaniero1@gmail.com)

<sup>5</sup>[oleg.gordienko.95@bk.ru](mailto:oleg.gordienko.95@bk.ru)

<sup>6</sup>[aidyn\\_1988kz@mail.ru](mailto:aidyn_1988kz@mail.ru)

<sup>7</sup>[sultan@mail.ru](mailto:sultan@mail.ru)

**Аннотация.** Целью исследования было уточнение классификационной принадлежности почв Джезказганского ботанического сада по трем классификациям: классификации и диагностике почв СССР 1977 г., современной российской классификации 2004–2022 гг. (КиДПР), Международной реферативной базе почвенных ресурсов (WRB) и оценка целесообразности их применения на данном объекте исследования. Классификация 1977 г. – общая для России и Казахстана, а уточнение классификационного положения гипсоносных почв востребовано в классификации почв России (2004, 2008, 2022). Международный опыт WRB полезен в этом отношении и для России, и для Казахстана. Выполнена классификация почв Джезказганского ботанического сада (РК) по трем классификациям почв. В основу были положены почвенно-морфологические методы, отдельные свойства почв, такие как засоление, гипсоносность, степень загрязнения, уточнены аналитическими методами. Выявлены особенности Gypsisols и Nitisols Джезказганского ботанического сада при многолетнем антропогенном воздействии в виде орошения и выращивания древесных насаждений, накладывающиеся на природную горизонтальную и вертикальную неоднородность почвообразующих пород и почвенных свойств. Построена крупномасштабная почвенная карта на объект исследования.

**Ключевые слова:** бурые полупустынные почвы, гипсоносные почвы, классификация почв, Nitisols, Gypsisols

**Для цитирования:** Кравченко Е. И., Голованов Д. Л., Мушникова Н. А., Мусаэлян Р. Э., Гордиенко О. А., Аманжолов А. И., Кушербаев С. А. Почвы Джезказганского ботанического сада (Республика Казахстан) в системе российской и международной классификаций // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 10–21. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.002>.

## SOILS OF THE JEZKAZGAN BOTANICAL GARDEN (REPUBLIC OF KAZAKHSTAN) IN THE SYSTEM OF RUSSIAN AND INTERNATIONAL CLASSIFICATIONS

Elena I. Kravchenko<sup>1✉</sup>, Dmitry L. Golovanov<sup>2</sup>, Natalya A. Mushnikova<sup>3</sup>, Roman E. Musaelyan<sup>4</sup>, Oleg A. Gordienko<sup>5</sup>, Aydyn I. Amanzholov<sup>6</sup>, Sultan A. Kuserbayev<sup>7</sup>

<sup>1,4</sup>V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

<sup>2</sup>MSU-BIT University, Shenzhen, China

<sup>2,3</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Volgograd State University, Volgograd, Russia

<sup>6,7</sup>Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan

<sup>1</sup>[krav4enko\\_elena@mail.ru](mailto:krav4enko_elena@mail.ru)<sup>✉</sup>

<sup>2</sup>[dm\\_golovanov@mail.ru](mailto:dm_golovanov@mail.ru)

<sup>3</sup>musha1@yandex.ru

<sup>4</sup>romaniero1@gmail.com

<sup>5</sup>oleg.gordienko.95@bk.ru

<sup>6</sup>aidyn\_1988kz@mail.ru

<sup>7</sup>sultan@mail.ru

**Abstract.** The aim of the study was to refine the classification status of the soils of the Jezkazgan Botanical Garden according to three soil classification systems: the USSR Soil Classification and Diagnostics of 1977, the modern Russian classification (2004–2022) (KiDSR), and the international World Reference Base for Soil Resources (WRB), as well as to evaluate the expediency of their application in this research area. The 1977 classification is common for Russia and Kazakhstan, while refining the classification position of gypsiferous soils is relevant in the Russian soil classification (2004, 2008, 2022). International WRB experience is useful in this regard for both Russia and Kazakhstan. The soils of the Jezkazgan Botanical Garden (RK) were classified according to the three soil classification systems. The classification was based on soil-morphological methods; certain soil properties, such as salinization, gypsum content, and pollution level, were refined using analytical methods. Features of Gypsisols and Nitisols in the Jezkazgan Botanical Garden under long-term anthropogenic impact (irrigation and cultivation of tree plantations) were identified, superimposed on the natural horizontal and vertical heterogeneity of parent materials and native soil properties. A large-scale soil map of the research site was created.

**Keywords:** brown semi-desert soils, gypsiferous soils, soil classification, Nitisols, Gypsisols

**For citation:** Kravchenko E. I., Golovanov D. L., Mushnikova N. F., Musaelyan R. E., Gordienko O. A., Amanzholov A. I., Kuserbayev S. A. Soils of the Jezkazgan botanical garden (Republic of Kazakhstan) in the system of Russian and international classifications. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):10–21. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.002> (In Russ.).

## **Введение**

Комплексность почвенного покрова аридных, особенно литологически неоднородных территорий требует учета всего разнообразия свойств почв в классификации, ее развития и совершенствования. Сложность почвенных классификаций, как и многих других, – одновременное наблюдение простоты (отсутствия перегруженности информацией) и отражение наиболее значимых свойств в названии почвы. Формирование в условиях засушливого климата и, как следствие, непромывного, выпотного или пульсирующего водного режимов предопределяет такие основные наиболее характерные свойства почв, как засоление, карбонатность и гипсоносность [4]. Эти 3 свойства могут быть комбинированы между собой, что усложняет идентификацию ведущих почвообразовательных процессов и корректное определение классификационной принадлежности почв. Засоленными считаются почвы, содержащие легкорастворимые соли в количестве, ухудшающем рост и развитие растений [13], карбонатными – содержащие в профиле горизонт, вскипающий от 10 % HCL [8]. Гипсоносными называются почвы, содержащие более 10 % гипса по массе либо объему [11].

Классификационная принадлежность гипсоносных, в том числе гажевых почв до сих пор претерпевает изменения [14, 18]. В классификации 1977 г. [8] года гипсоносность выделяется на уровне рода в бурых и серо-бурых почвах и разделяется по глубине наличия гипсоносного горизонта, содержанию гипса, сложению и размеру гипсовых кристаллов [8], при этом не учтена возможность образования гипсоносных почв в других зональных типах [8, с. 218]. В субстантивной российской классификации [7] с дополнениями 2022 г. [18] предложено [18] выделять на уровне подтипа форму выделений гипса (мучнистый либо кристаллический), подразделять гипсоносные почвообразующие породы на плотные и рыхлые (кристаллические и мучнистые), но при этом критерий отнесения почв к гипсоносной породе – содержание более 20–30 % гипса. В Международной реферативной почвенной базе [1] гипсоносность выделяется на уровне реферативной почвенной группы, что является аналогом типа в российских классификациях – Gypsisols и квалификаторов – Gypsic и Gypsicic.

Негативное свойство засоления почв учитывается в классификации 1977 г. [8] на уровне рода и отражает степень и глубину залегания солей. Засоленность в классификации почв России 2004 г. [7] учитывается аналогично классификации 1977 г. [8]. Отличительной особенностью засоленных почв является сложность их полевой диагностики из-за высокой растворимости солей, вследствие чего соли в виде новообразований (солевых выцветов, кристаллов) в почве встречаются лишь при очень высоком содержании. Зачастую для диагностики засоления необходимо проводить химические анализы. В международной классификации WRB [1] засоленность выделяется на уровне реферативной почвенной группы лишь в солончаках, в других почвах – в дополнительном квалификаторе Salic, одним из условий которого является электропроводность насыщенного раствора более 8 дСм/м<sup>-1</sup>, что также требует выполнения лабораторных анализов.

Карбонатность почв отражается на уровне рода в классификациях 1977 и 2004 гг. В международной классификации на уровне реферативной почвенной группы карбонатные почвы выделяются в Calcisols, и в качестве квалификаторов – Calcic (при содержании  $\text{CaCO}_3 > 15\%$ ) и Calcaric ( $\text{CaCO}_3 > 2\%$ ).

Почвы сельскохозяйственных угодий в окрестностях крупных металлургических предприятий могут отличаться высокими значениями содержания тяжелых металлов, превышающих ПДК [5, 9, 12], что также учитывается в современных почвенных классификациях [7, 1], однако требует инструментальных возможностей их реализации.

Еще в период основания Джезказганского ботанического сада в 1939 г. начались дискуссии насчет классификационной принадлежности изучаемых почв. Изначально их хотели выделить в темные сероземы, однако У. У. Успанов [2] с коллегами настояли на анализе всех факторов почвообразования и в итоге охарактеризовали почвы как бурые. Специфика бурых аридных подчеркивается и в недавнее время [3, 4]. Затем в результате обновления классификации в 1940-е гг., в период составления почвенной карты Джезказганского ботанического сада бурые почвы были охарактеризованы как «северные сероземы», однако автор Я. Ф. Дубовик приводит и «старое» название – бурые почвы [6]. Позднее почвенная классификация снова претерпела изменения, и в настоящий момент почвы относятся к бурым полупустынным и бурым орошаемым [8], или к бурым аридным, сероземовидным и светлогумусовым [7].

Почвоведом Я. Ф. Дубовиком, проводившим картографирование почв Джезказганского ботанического сада в 1940–1945 гг., было выделено 6 почвенных разностей на достаточно ограниченной территории. Карта была передана медеплавильному заводу [16], и к настоящему моменту доступ к ней утерян.

В результате многолетнего сельскохозяйственного воздействия почвы могут менять свое классификационное положение, т. е. классификация должна учитывать необратимые изменения такого рода, на чем делается акцент современных подходов [1, 18].

Классификация 1977 г. – общая для России и Казахстана, а уточнение классификационного положения гипсоносных почв востребовано в классификации почв России [7, 14, 18]. Международный опыт WRB [1] может быть полезен в этом отношении и для России, и для Казахстана.

Целью исследования было уточнение классификационной принадлежности почв Джезказганского ботанического сада по трем классификациям [1, 7, 8] и оценка целесообразности их применения на данном объекте исследования.

#### Материалы и методы исследования

Исследуемая территория относится к юго-западной окраине Казахского мелкосопочника, расположенной в области полупустыни с резким преобладанием потенциального испарения над количеством осадков. Рельеф – волнисто-равнинный [15] (рис. 1).

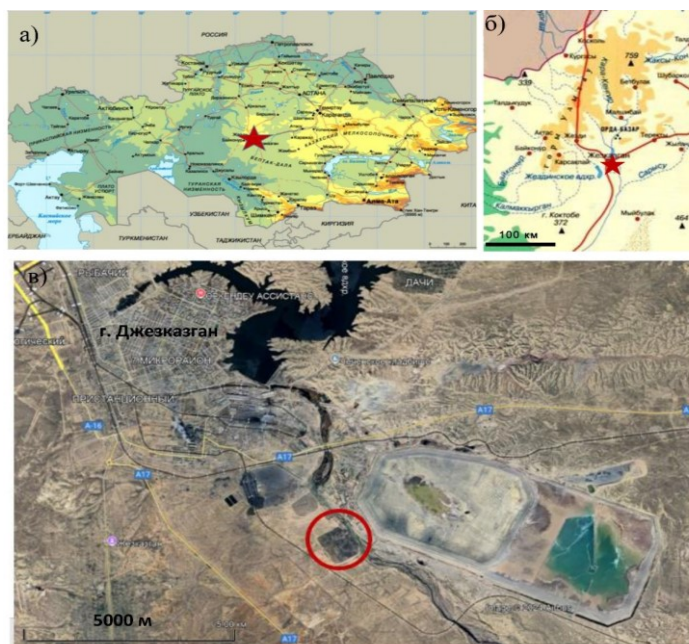


Рисунок 1 – Местоположение района (показан красной звездой) и объекта (показан красным овалом) исследования на физических картах Республики Казахстан (а) и фрагмента физической карты Улытауской области (б), на снимке GoogleEarth (в)

Территория ботанического сада представляет собой пологий приводораздельный склон северо-восточной экспозиции к реке Кара-Кенгир с абсолютными высотами 327–339 м (рис. 2). В пределах склона рельеф также неоднороден в поперечном направлении – практически посередине ботанический сад делит широкая ложбина, направленная на северо-восток в сторону реки Кара-Кенгир. В пределах ботанического сада преобладают слабополгие склоны северной экспозиции, незначительную часть занимают склоны восточной и юго-восточной экспозиции крутизной до 1°. Крутизна пологого склона к реке достигает 3–5°.

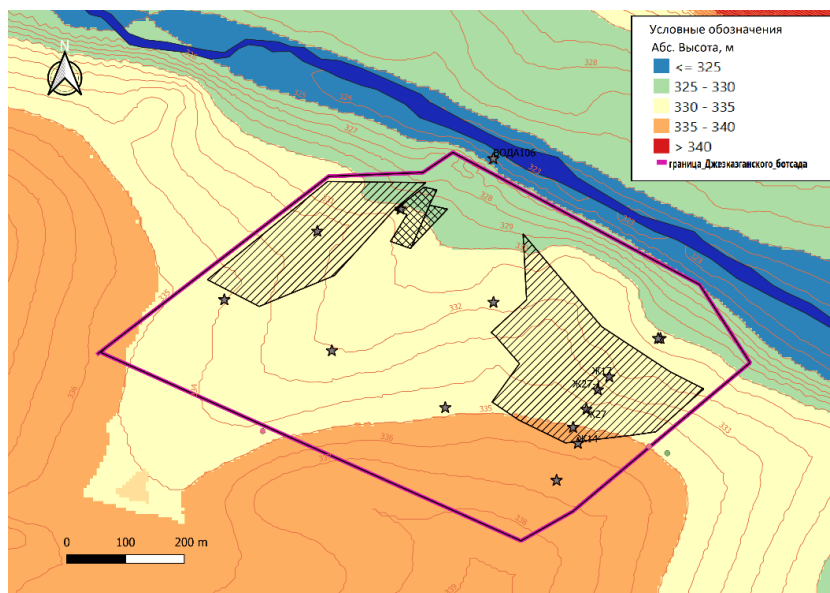


Рисунок 2 – Рельеф Джезказганского ботанического сада  
(на основе цифровой модели рельефа Copernicus DEM с разрешением 30 м)

Почвообразующие породы представлены средними и легкими суглинками мощностью 40–70 см, подстилаемыми песчано-гравелистыми отложениями с большим количеством чешуйчато-кристаллического гипса. Фоновая растительность – биюргуно-полынные группировки с незначительным количеством эфемеров [15].

Ботанический сад (на момент создания в 1939 г. – Джезказганская опытная станция) был заложен с целью обеспечения промышленного города Джезказган овощными, бахчевыми и плодово-ягодными культурами, а также подбора видов древесной растительности для озеленения города в условиях пустыни. Город Джезказган находится вблизи меднорудного месторождения, в середине XX в. в его окрестностях был построен крупный медеплавильный комбинат.

Для возделывания овощных и бахчевых культур применяли сверхглубокую обработку почвы без оборота пласта на фоне орошения, деревья высаживались траншейным способом либо единичной копкой с разрешением гипсового горизонта [17].

Современное полевое обследование было проведено в 2022–2023 гг. в июне. Было заложено 13 точек с описанием профиля, из них 4 – полноценных почвенных разреза. Для исследования использовали почвенно-морфологический метод, проводили уточняющие анализы на засоленность методом ионоселективных почвенных паст с влажностью 50 % [6], скрининговое содержание гипса определялось по количеству S портативным РФА-анализатором Olympus Delta, выборочно в некоторых образцах содержание гипса определялось методом дегидратации кристаллогидратов Кульчицкого. Валовое содержание тяжелых металлов также определялось с помощью РФА-анализатором Olympus Delta. Минералогический анализ проводился на рентгеновском дифрактометре Rigaku Smartlab SE. Гранулометрический состав был определен на Лазерном анализаторе размера частиц Analysette 22 MicroTec plus (Fritsch) в Лаборатории географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Гранулометрический состав методом лазерной дифрактометрии предполагает использование следующих градаций размеров частиц: для илистой (clay) фракции – <2 мкм, а для песчаной фракции – >50 мкм. Для определения классов гранулометрического состава был использован треугольник Ферре [1].

Полевое описание и индексы горизонтов были даны по КиДПР [7, 14, 18]. Классификация почв проводилась по Классификации и диагностике почв СССР [8], Классификации и диагностике почв России [7], с помощью Полевого определителя [14] и дополнений [18] и по WRB [1]. Построение карт выполнялось в пакете программ QGIS 3.16. Анализ макросостава поливных вод выполнялся с помощью жидкостного хроматографа.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В Джезказганском ботаническом саду фактором дифференциации почвенного покрова является литологическое строение и антропогенное использование. В течение 80 лет почвы орошаются водами из реки Кара-Кенгир с минерализацией от 1,2 до 2,1 г/л и имеют хлоридно-сульфатный либо сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый состав в зависимости от сезона с SAR от 3,3–6,6.

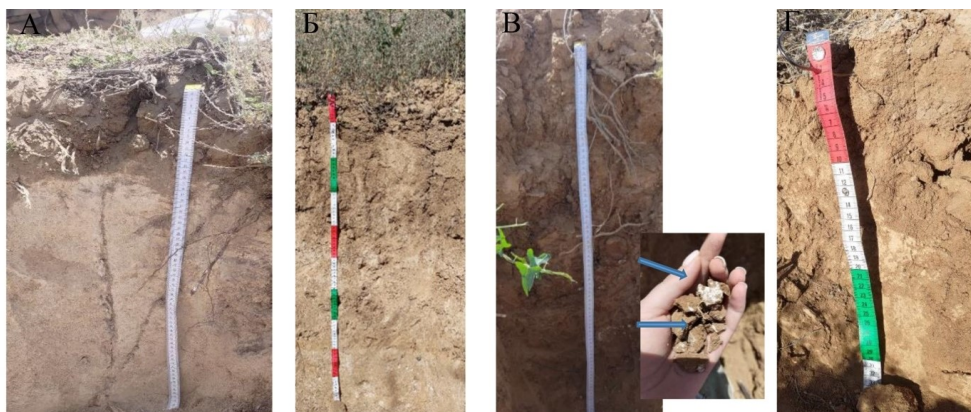


Рисунок 3 – Почвы Джезказганского ботанического сада (названия даны по Полевому определителю почв 2008 г.): А – светлогумусовая гипс-содержащая суглинистая почва на гажевых отложениях (Ж-23); Б – бурая аридная гипс-содержащая среднесуглинистая почва на рыхлых кристаллических гипсоносных отложениях (Ж-14); В – светло-гумусовая солончаковатая квазиглееватая тяжелосуглинистая почва на делювии каолиновых кор выветривания (Ж-24); Г – светло-гумусовая квазиглееватая тяжелосуглинистая почва на делювии каолиновых кор выветривания (Ж-31)

Приведем, соответственно, полевое описание разрезов. Разрез Ж-14 и Ж-23 заложены на выпуклом склоне северной экспозиции, Ж-24 – на склоне западной экспозиции межсопочного понижения, представленного широкой ложбиной. Все почвы на данный момент не орошаются.

#### Разрез Ж-14. Залежь, верхняя часть склона северной экспозиции

А<sub>ра</sub>, са 0–9(12) см, светло-серо-бурый, неоднородный, сухой, среднесуглинистый, структура мелко-глыбистая, до 3 см, рыхлый, включения мелких корней, мелкий щебень, переход к нижележащему горизонту ясный, граница слабоволнистая.

В<sub>Мра</sub>, sn, са 12–40 см, светло-бурый, неоднородный, глыбисто-призматическая структура (10 см глыбы, 5 см призмы), бурно вскипает, мелкие поры, новообразований нет, переход по появлению карбонатных новообразований.

В<sub>САпс</sub> 40–60 см, более бурый, много карбонатных новообразований, призматическая структура.

2В<sub>САпс</sub> 60–76 см, как вышележащий горизонт, тяжелосуглинистый, содержит много щебня, белоглазка, переход к нижележащему горизонту резкий по исчезновению щебня.

2В<sub>САпс</sub>, cs 76–80 см, включения мелкого щебня до 2 мм, тонкие прожилки гипса до 1 мм, переход резкий по цвету и форме гипсовых новообразований, граница ровная.

3В<sub>САпс</sub>, cs 80–100 см, как вышележащий горизонт, появляется гипс более крупными скоплениями.

3В<sub>Сса</sub>, ic, cs 100–120 см, бурый горизонт с большим количеством гипса, вскипает средне, щебень с карбонатными бородами.

Почва 1977: бурые полупустынные неглубоко- и высокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные пылевато-тяжелосуглинистые на 2-членных породах: пылеватых суглинках, подстилаемых на глубине 40–80 см мелкокристаллическим гипсом.

КиДПР 2004–2022, бурые аридные среднесуглинистые профильно-вскипающие пылевато-тяжелосуглинистые на двучленных породах: пылеватых суглинках, подстилаемых на глубине 40–80 см мелкокристаллическим гипсом.

WRB Yermic Cambic Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)

*Разрез Ж-23. Никогда не орошавшаяся почва, за пределами Джезказганского ботанического сада, верхняя часть приводораздельного пологого склона северной экспозиции*

AJca 0–6(12) см, рыхлый, порошистый, светло-серый, свежий, живые корни растений, много растительных остатков, встречается щебень до 1,5 см в диаметре, переход ясный по плотности и структуре, граница волнистая.

AJ2ca 6(12)–16 см, светло-серый, плотный, глыбистый с элементами призматичности, свежий, много тонких корней, много тонких пор, переход ясный по цвету и интенсивности вскипания, граница волнистая, встречаются растительные остатки.

2CCS<sup>o</sup>ca 16–47 см, светлый, желтовато-белый, призмовидная структура, свежий, с внутренней стороны агрегатов буроватый, местами блестит от гипса, с внешней – покрыт матовой белой присыпкой, бурно вскипает от 10% HCl, плотный, видны редкие тонкие поры местами видны темные точки, переход заметный по интенсивности вскипания и характеру новообразований, граница ровная.

2CCS<sup>o</sup>ca 47–65 см, светлый с буроватым оттенком, призмовидная структура, свежий, мелкие редкие поры, уплотненный, вскипает чуть слабее вышележащего горизонта блестящие прожилки гипса.

Почва 1977: бурая полупустынная высокозагипсованная очень сильнозагипсованная карбонатные на гажевых (микрористаллически-гипсовых) отложениях, подстилаемых суглинками с мелкокристаллическим гипсом;

КиДПР 2004: светлогумусовые гипс-содержащие профильно-вскипающие на гажевых (микрористаллически-гипсовых) отложениях, подстилаемых суглинками с мелкокристаллическим гипсом.

WRB: Calcaric Gypsisols (Loamic Siltic, Hypergypsic Geoabruptic, Raptic)

*Разрез Ж-24 В 3 м ниже бровки ложбины, на склоне ложбины западной экспозиции, за пределами ботанического сада*

AJrh, ca 0–20 см, уплотненный насыпанный серовато-красноватый материал, непрочно-глыбистый, с трещинами, с небольшими выцветами, вскипает.

BMca 20–36 см, плотный красноватый материал, единичные белесые выделения.

BCA v, пс 36–46(50) см, красно-бурый, очень плотный, глинистый материал с большим количеством ярко-белых карбонатов (или гипс-карбонатов) по граням призм, внутри призм карбонатов нет, небольшие поверхности скольжения (сликенсаиды), карбонаты по горизонтальным граням. 1-й порядок призм: 15 см в ширину, 10 в высоту, остальное как вышележащий горизонт.

BCca 46(50)–56 см, очень плотный, без выделений, призмы вертикальные (высота больше ширины), остальные свойства как у вышележащего горизонта.

BCca, пс 56–75 см, в правой стенке – выделения карбонатов по трещинам, призмы вертикальные, цвет как вышележащий горизонт, тс-глина.

Cca, cs, q 75–80+ см, красноватый, очень плотный, тс-глинистый, много трещин, покрытых белым налетом – гипсами с черными железо-марганцевыми конкрециями (диаметром до 1 мм).

Почва 1977: лугово-бурая тяжелосуглинистая на делювии каолиновых глин.

КиДПР 2004–2022: светлогумусовые карбонатно-гумусово-стратифицированные солончакватые квазиглееватые профильно-вскипающие тяжелосуглинистые на делювии каолиновых глин.

Luvic Eutric Nitisols (Densic, Endostagnic, Transportic)

Таким образом, на двучленных отложениях, представленных делювиальными суглинками, подстилаемыми гипсоносными суглинистыми отложениями с содержанием гипса 30–45 %, сформировались бурые полупустынные почвы [8], или Gypsisols [1]. На делювии каолиновых глин, заполняющих ложбину, сформировались лугово-бурые красноцветные почвы [8], или Nitisols [1].

Ранее в литературе отмечалась неоднородность гранулометрического состава как в горизонтальной плоскости верхнего суглинистого слоя (пылеватый тяжелый суглинок и глина), так и в вертикальной плоскости – щебнистые суглинки, подстилаемые «суглинками» с большим количеством гипса [6].

Минералогический состав бурых полупустынных почв сопкок представлен гипсом (30–60 %), кварцем (20–40 %), кальцитом (11–13 %) и плагиоклазами (12–28 %).

Межсочное понижение заполнено делювием каолиновых кор выветривания. Минералогический состав по нашим данным: кварц 66 %, каолинит 17 %, иллит 6 %, смектит 6 %, плагиоклазы 3 %, кальцит 2 %.

Выборочно для 3-х скважин был выполнен гранулометрический состав (рис. 4).

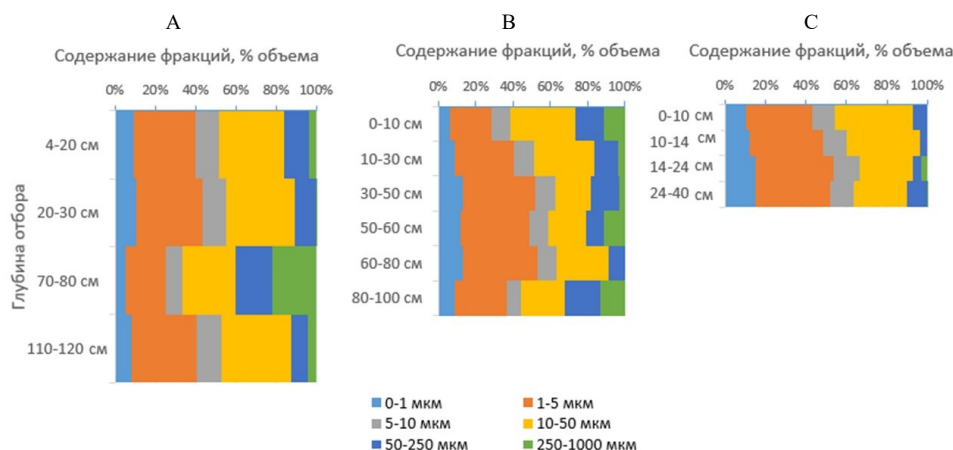


Рисунок 4 – Профильное распределение гранулометрического состава почв в разрезах ботанического сада: А – в орошаемой почве с гажевыми горизонтами Ж-27-2; В – в орошаемой почве на ожелезненных гипсоносных суглинках Ж-15; С – в неорошаемой почве ложбины Ж-31

Изменение гранулометрического состава по слоям прослеживается в почвах трехчленных отложений точки Ж-27-2, представляющей орошаемую бурую полупустынную почву с гажевым горизонтом. Литологическое строение профиля сверху вниз представлено следующим набором слоев: суглинки – гаж – суглинки с мелкокристаллическим гипсом. Верхний слой, включающий гумусовый горизонт (4–30 см), – это пылеватый суглинок (silt loam) с содержанием песчаной (10–15 %) и илстой (20–25 %) фракций. Гажевый горизонт (70–80 см) резко отличается от остальных горизонтов высоким (около 40 %) содержанием песчаной фракции и попадает в область суглинков (loam) треугольника Ферре. Морфологически выраженную опесчаненность срединному гажевому горизонту придает высокое содержание гипса (более 50 %). Нижний горизонт (110–120 см), содержащий другую морфологическую форму гипса с меньшим его содержанием (30 %), относится к пылеватому суглинку (silt loam). Стоит отметить, что гранулометрический анализ гипсоносных почв и отложений по сей день вызывает вопросы и нуждается в совершенствовании [11, 20, 21].

В гранулометрическом составе профиля орошаемой почвы Ж-15, сформировавшейся на тяжелых суглинках, подстилаемых ожелезненными мелкокристаллическо-гипсоносными суглинистыми отложениями, прослеживаются более высокие значения содержания песчаной фракции (15–31 %). Верхний гумусовый горизонт 0–30 см относится к пылеватому суглинку (silt loam). Срединные горизонты 30–80 см относятся к пылеватому тяжелому суглинку (silty clay loam), при этом наблюдается уменьшение песчаной фракции и увеличение илстой от верхней части профиля к нижней. В слое 60–80 см исчезает фракция 250–1 000 мкм, а содержание песчаной фракции уменьшается до 8 %. В гипсоносном слое 80–100 см, напротив, песчаная фракция составляет 32 %, а илстая – 20 %, что позволяет отнести почву к суглинку (loam).

Почвы на делювии каолиновых глин межсочного понижения (Ж-31) практически лишены фракции крупнее 0,25 мм. Более 60 % занимают фракции 2–50 мкм. На пылеватую фракцию 10–50 мкм приходится 25–38 % частиц. По треугольнику Ферре почвы относятся к пылеватому тяжелому суглинку (silty clay loam).

Таким образом, территория имеет исходное неоднородное литологическое строение, что отражается в гранулометрическом и минералогическом составе горизонтов почв в окрестностях ботанического сада. Несмотря на различный минералогический состав, для почв характерна пылеватость, а высокое содержание гипса в нижних горизонтах, которое лишает смысла оценку гранулометрического состава лишь силикатной части почвы, выражается в повышенных значениях фракции размера песка относительно безгипсовых почвенных горизонтов.

Длительное орошение арычным способом и выращивание нетипичной для полупустынь древесной растительности способствовало возникновению следующих отличительных морфологических особенностей почв:

Окарбоначивание и цементация горизонта ВМ. В результате, по российской классификации [7], почвы перешли из типа бурых аридных в тип сероземовидных почв.

Возникновение специфического органогенного детритового горизонта мощностью от 4 до 10 см, в котором активно накапливаются валовые формы тяжелых металлов-загрязнителей, таких как медь, цинк и свинец. Такой горизонт относится к грубогумусовым химически загрязненным АОх в классификации почв России и дает дополнительные квалификаторы Ochric, Toxic

к названию почв в системе WRB, так как ПДК для РК по меди и свинцу превышены более чем в 50 раз [21]. В литературе отмечается низкая устойчивость бурых почв к загрязнению медью и некоторыми другими тяжелыми металлами [9], поэтому целесообразно сделать акцент на токсичности почв при определении ее классификационного положения.

Многолетнее орошение водами р. Кара-Кенгир не вызвало повсеместного вторичного осолонцевания почв, во-первых, из-за хорошего дренажа и низкой доле натрия в катионном составе воды (SAR<10), а во-вторых, из-за присутствия гипса в составе почв и пород.

Приведем таблицу положения почв в системе классификаций (табл. 1).

Таблица 1 – Классификационное положение почв Джекказганского ботанического сада, сформированных на различных почвообразующих породах

Почвообразующие породы	Классификация..., 1977 [8]	КиДП [7, 14, 18]	WRB [1]
Делювий каолиновых глин	Лугово-бурые полупустынные солончаковатые слабозасоленные	Светлогумусовые карбонатно-гумусово-стратифицированные солончаковатые квазиглееватые профильно-вскипающие гипс-содержащие	Luvic Eutric Nitisols (Densic, Endostagnic, Transportic)
Двучленные породы: пылеватые суглинки, подстилаемые на глубине 40–80 см мелкокристаллическим гипсом	Бурые полупустынные неглубоко- и высокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Бурые аридные среднесуглинистые профильно-вскипающие гипс-содержащие	Yermic Cambic Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)
	Орошаемые бурые неглубоко- и высокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Бурые аридные среднесуглинистые профильно-вскипающие гипс-содержащие химически загрязненные	Yermic Cambic Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic, Ochric, Toxic)
Пылеватые суглинки, подстилаемые суглинками с мелкокристаллическим гипсом	Бурые полупустынные солончаковатые слабозасоленные неглубокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Бурые аридные солончаковатые слабозасоленные гипс-содержащие профильно-вскипающие	Cambic Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)
	Бурые полупустынные солончаковые средне- и сильнозасоленные неглубокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Бурые аридные солончаковые средне- и сильнозасоленные гипс-содержащие профильно-вскипающие	Cambic Calcic Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)
	Бурые полупустынные неглубокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Сероземовидные почвы гипс-содержащие профильно-вскипающие	Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)
На тяжелых пылеватых суглинках, подстилаемых с 60 см суглинистыми отложениями с ожелезненным гипсом	Бурые полупустынные неглубокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Сероземовидные почвы гипс-содержащие профильно-вскипающие	Takyric Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)
На гажевых (микрокристаллически-гипсовых) отложениях, подстилаемых суглинками с мелкокристаллическим гипсом	Бурые полупустынные высокозагипсованные очень сильнозагипсованные карбонатные	Светлогумусовые структурно-метаморфические гипс-содержащие профильно-вскипающие	Calcaric Gypsisols (Loamic Siltic, Hypergypsic Geoabruptic, Raptic)
	Орошаемые бурые высокозагипсованные очень сильнозагипсованные карбонатные	Светлогумусовые структурно-метаморфические гипс-содержащие профильно-вскипающие химическизагрязненные	Calcaric Gypsisols (Loamic Siltic, Hypergypsic Geoabruptic, Raptic, Ochric, Toxic)
На суглинках, подстилаемых суглинками с мелкокристаллическим гипсом	Бурые полупустынные солончаковые средне- и сильнозасоленные неглубокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Сероземовидные солончаковые средне- и сильнозасоленные гипс-содержащие профильно-вскипающие	Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)
На суглинках, подстилаемых суглинками с мелкокристаллическим гипсом	Бурые полупустынные солончаковатые слабозасоленные неглубокозагипсованные сильнозагипсованные карбонатные	Сероземовидные солончаковатые слабозасоленные гипс-содержащие профильно-вскипающие	Calcic Gypsisols (Loamic Siltic, Raptic)

По классификации 1977 г., почвы относятся, соответственно, к бурым полупустынным гипсоносным, бурым орошаемым и лугово-бурым почвам. Почвы в основном различаются глубиной залегания, морфологией и содержанием гипса, что отражено в сложнородовой характеристике почв. Также некоторые почвы отличаются состоянием засоленности, т. е. глубиной залегания и степенью засоления. По классификации 1977 г. [8], у нас, в отличие от предшественников [6], получается 11 почвенных разностей. На этом фоне выделяются орошаемые почвы

разных форм, интенсивности и длительности орошения, обработки и характера использования, в том числе и ныне выведенные из орошения.

По Классификации и диагностике почв России с дополнениями [7, 14, 18], у нас получилось также 11 почвенных разновидностей. Центральную часть ботанического сада занимает широкая ложбина, представляющая собой межсочное понижение, заполненное делювием каолиновых кор выветривания, на которой формируются специфические бурые почвы с красноватым оттенком – светлогумусовые карбонатно-гумусово-стратифицированные солончачоватые квазиглееватые профилно-вскипающие, они же Nitisols по международной классификации. Под древесной растительностью формируются одноименные химически загрязненные почвы. Химическое загрязнение обусловлено накоплением и слабым разложением опада деревьев в зоне влияния медеплавильного комбината (рис. 3).

В целом на суглинистых почвах, подстилаемых гипсоносными породами, формируются бурые аридные почвы с профилем АJca – ВMca – BCAnс – CCScа. Местами почвы относятся к сероземовидным, поскольку в них отсутствует метаморфический горизонт ВM. Профиль таких почв представлен горизонтами АJca – BCAnс (сs) – CCScа. По-видимому, это обусловлено эффектом орошения, способствовавшим окarbonачиванию и сегрегации карбонатов в горизонте ВM, поскольку в целинных почвах авторами [6] отмечается отсутствие выделений до 16 (20) см и присутствие редких карбонатных выделений до 35 см. Многочисленные выделения карбонатов в виде белоглазки начинаются лишь с глубины 35 см. В двух почвах, отнесенных к светлогумусовым, почвообразующие породы представлены гажей, а в одной сероземовидной – двучленными гипсоносными породами, в верхней из которых гипсовые кристаллы покрыты ржавыми железистыми аморфными пленками породного генезиса, описанного в литературе [15, с. 144].

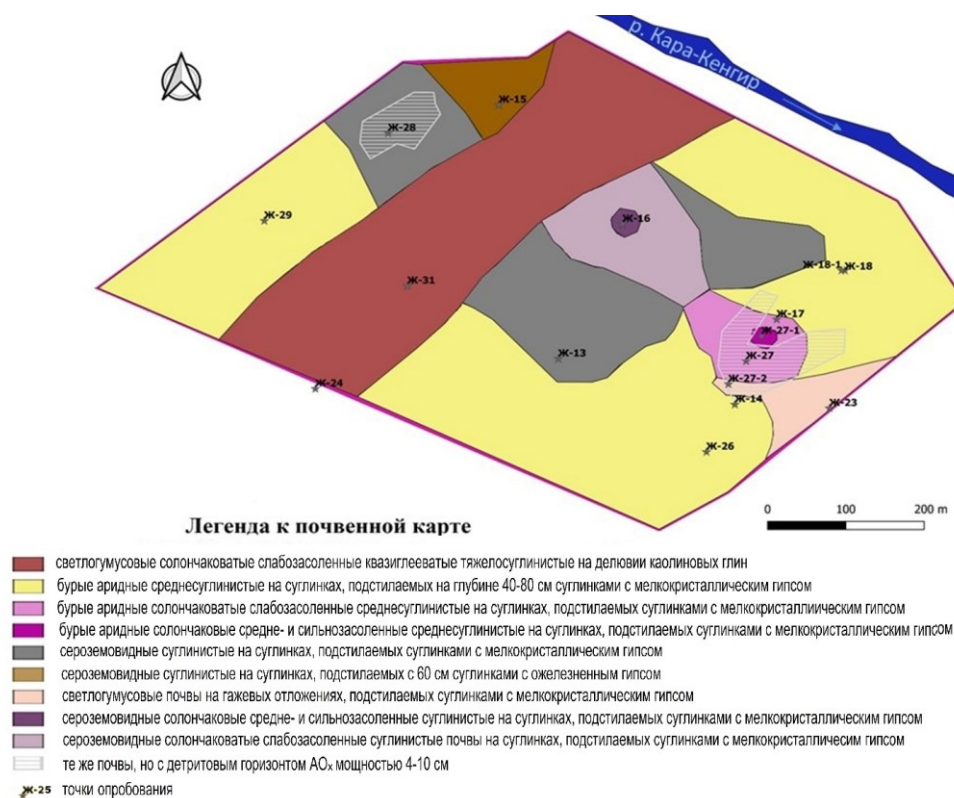


Рисунок 5 – Карта почв Джекказганского ботанического сада в системе КиДПР [7, 14, 18]

По классификации WRB [1], почвы относятся в основном к Calcic, Calcic или Cambic Gypsisols. Лишь красноватые почвы, приуроченные к межсочному понижению, определены как Luvisc Eutric Nitisols (насыщенность определялась по таблице приложений WRB, исходя из значений  $pH > 8$  водной вытяжки). В результате многолетнего опада древесной растительности, накапливающей загрязненную пыль промышленных производств, сформировались почвы с дополнительными квалификаторами Toxic и Ochric. Превышение ПДК в почве также может быть отражено в КиДПР на уровне признака «химически загрязненные».

На основе анализа почвенных свойств и пространственного расположения почв с соответствующими свойствами построим крупномасштабную карту почв Джезказганского ботанического сада в системе КиДПР [7, 14, 18].

Близкое залегание гипсоносной породы сближает почвы по классификации 1977 г. с серобурами, однако, изучив работы [15], это является специфическим вариантом бурых почв. Классификация и диагностика почв России предполагает более дробные и более сложное разделение (светло-гумусовые, бурые аридные и сероземовидные почвы).

Международная классификация почв [1] наиболее емко и контрастно передает особенности почв, когда красноцветные очень плотные почвы ложбины относятся к Nitisols, а почвы с близким залеганием гипсового горизонта относятся к Gypsisols.

В отличие от российских классификаций, международная классификация не передает дифференциации по содержанию и глубине залегания гипса, степени и глубине залегания засоленного горизонта. В этом аспекте преимущество у классификации и диагностике почв СССР 1977 г. [8] и классификации и КиДПР 2004–2022 [7, 14, 18].

Кроме того, факт орошения учитывается в классификации 1977 г. независимо от наличия или отсутствия особых диагностических горизонтов, маркирующих орошение. При отсутствии особых диагностических горизонтов присутствие орошения не отражается в КиДПР [7, 14, 18] и в WRB [1].

Наличие химически загрязненных горизонтов в почвах не учитывается в классификации и диагностике почв СССР 1977 г. [8], но учтено в международной [1] и российской [7] классификациях. Однако из-за затрудненности диагностики в полевых условиях и различных ПДК в разных странах используется редко [1].

#### **Выводы**

Фактором дифференциации почв Джезказганского ботанического сада является их литологическое строение, связь с элементами рельефа и антропогенное использование.

Международная классификация WRB позволяет наиболее полно передать свойства изучаемых почв: переуплотненность и красноцветность почв ложбины на делювии красноцветных каолиновых глин, гипсоносность на уровне реферативной почвенной группы почв с высоким положением гипсового горизонта, также позволяет учесть специфический набор горизонтов с высокими содержаниями тяжелых металлов, сформировавшихся в результате создания искусственных древесных посадок. Однако WRB не в полной мере передает солевое состояние этих почв: содержание не позволяет отнести их к солончакам, а квалификаторы не учитывают степень и глубину залегания солей в почвах, в отличие от российских классификаций.

Классификация и диагностика почв СССР 1977 г. лучше отражает такие свойства почв, как засоление, карбонатность и гипсоносность, позволяет дать им полуколичественные метрики. Кроме того, классификация учитывает воздействие орошения как фактора формирования почв.

Антропогенное влияние привело к формированию новых нетипичных для северных остепненных пустынь поверхностных горизонтов: под древесными посадками в результате накопления и медленной минерализации в условиях недостаточного увлажнения осадков формируется органогенный горизонт с высоким содержанием тяжелых металлов. Кроме того, в результате орошения карбонаты меняют свое исходное положение, из-за чего меняется набор средних горизонтов почв, и, как следствие, классификационное положение почв в классификации и диагностике почв России 2004–2022 гг.

Классификация и диагностика почв России 2004–2022 гг. отражает современное состояние и набор горизонтов почвенного профиля, а также позволяет учесть полуколичественные метрики засоления и карбонатности, но не отражает характеристики почв по содержанию и глубине залегания гипсоносного горизонта и слабо отражает литологические особенности почв.

#### **Список литературы**

1. Герасимова М. И., Красильников П. В. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014 // Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Исправленная и дополненная версия. 2015–2018. 216 с.
2. Глазовская М. А., Горбунова И. А. Умирбек Успанович Успанов (к 100-летию со дня рождения) // Почвоведение. 2007. № 9. С. 1138–1140.
3. Голованов Д. Л., Мандахбаяр Ж. Опыт применения принципов новой классификации почв России к почвам Монголии // Геохимия ландшафтов и география почв. Смоленск: Ойкумена, 2002. С. 301–323.
4. Горбунова И. А., Пузанова Т. А. Генетические особенности и классификационные критерии разделения аридных почв территории России // Аридные экосистемы. 2006. № 12. С. 40–47.
5. Джаланкузов Т., Абдыхалыков С. О состоянии загрязнения почв Республики Казахстан // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 4. С. 65–71.

6. Дубовик Я. Ф. Изменение северных малокарбонатных сероземов под влиянием обработки и орошения // Известия Академии наук Казахской ССР. Серия почвенная. 1949. Вып. 4, № 52. С. 141–191.
7. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Классификация и диагностика почв СССР. Москва, 1977. 225 с.
9. Колесников С. И., Спивакова Н. А., Казеев К. Ш. Влияние модельного загрязнения Cr, Cu, Ni, Pb на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // Почвоведение, 2011. № 9. С. 1094–1101.
10. Кравченко Е. И., Голованов Д. Л., Аманжолов А. И., Кушербаев С. А., Мушников Н. А. Аккумуляция металлов-загрязнителей в почвах Джезказганского ботанического сада за 80 лет с момента организации и начала орошения // Проблемы региональной экологии. 2023. № 1. С. 74–81.
11. Минашина Н. Г. Рекомендации по мелиоративной оценке, освоению и использованию гипсоносных почв под орошаемое земледелие. Москва: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1979. 42 с.
12. Озгелдинова Ж. О., Мукаев Ж. Т. Факторы и условия загрязнения природных компонентов Жезказганского промышленного узла // Гидрометеорология и экология. 2018. № 1 (88). С. 111–130.
13. Панкова Е. И., Воробьева Л. А., Гаджиев И. М., Горохова И. Н., Елизарова Т. Н., Королук Т. В., Лопатовская О. Г., Новикова А. Ф., Решетов Г. Г., Скрипникова М. И., Славный С., Черноусенко Г. И., Ямнова И. А. Засоленные почвы России. Москва: Академкнига, 2006. 854 с.
14. Полевой определитель почв России. Москва: Почвенный ин-т, 2008. 182 с.
15. Почвы Казахской ССР: в 16 вып. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1967. Вып. 8. 331 с.
16. Сиротина Т. О. Из истории интродукции плодово-ягодных культур в Жезказганском ботаническом саду // Проблемы и перспективы изучения биоразнообразия растительного мира в Центральной Азии: материалы конф. 2022. С. 473–477.
17. Сиротина Т. О., Ивлев В. И., Адрианова Н. Г. Роль академика К.И. Сатпаева в развитии Жезказганского ботанического // XIII Сатпаевские чтения: материалы Международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников. Казахстан, 2013. С. 6–8.
18. Хитров Н. Б., Герасимова М. И. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>.
19. Хитров Н. Б., Понизовский А. А. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. Москва: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 236 с.
20. Hesse P. R. Particle size distribution in gypsic soils // Plant and soil. 1976. № 44 (1). P. 241–247.
21. Pearson M. J., Monteith S. E., Ferguson R. R., Hallmark C. T., Hudnall W. H., Monger H. C., Reinsch T. G., West L. T. A method to determine particle size distribution in soils with gypsum // Geoderma. 2015. Vol. 237. P. 318–324. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.016>.

#### References

1. Gerasimova M. I., Krasilnikov P. V. World Soil Resources Abstract Database 2014. *International Soil Classification System for Soil Diagnostics and Creation of Soil Map Legends*. Revised and supplemented version. 2015–2018:216 (In Russ.).
2. Glazovskaya M. A., Gorbunova I. A. Umirbek Uspanovich Uspanov (on the 100th anniversary of his birth). *Soil Science*. 2007;9:1138–1140 (In Russ.).
3. Golovanov D. L., Mandakhbayar Zh. Experience of Applying the Principles of the New Soil Classification of Russia to the Soils of Mongolia. *Landscape Geochemistry and Soil Geography*. Smolensk: Oecumene; 2002: 301–323 (In Russ.).
4. Gorbunova I. A., Puzyanova T. A. Genetic Features and Classification Criteria for Dividing Arid Soils of Russia. *Arid Ecosystems*. 2006;12:40–47 (In Russ.).
5. Dzhalkanzov T., Abdykalykov S. On the State of Soil Pollution in the Republic of Kazakhstan. *Soil Science and Agrochemistry*. 2015;4:65–71 (In Russ.).
6. Dubovik Ya. F. Changes in Northern Low-Carbonate Serozems Under the Influence of Cultivation and Irrigation. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR. Soil Series*. 1949; 4;52:141–191 (In Russ.).
7. *Classification and Diagnostics of Soils of Russia*. Smolensk: Oikumena; 2004:342 (In Russ.).
8. *Classification and Diagnostics of Soils of the USSR*. Moscow; 1977:225 (In Russ.).
9. Kolesnikov S. I., Spivakova N. A., Kazeev K. Sh. The Effect of Model Pollution with Cr, Cu, Ni, and Pb on the Biological Properties of Soils in Dry Steppes and Semi-Deserts of Southern Russia. *Soil Science*. 2011;9:1094–1101 (In Russ.).
10. Kravchenko E. I., Golovanov D. L., Amanzholov A. I., Kuserbaev S. A., Mushnikova N. A. Accumulation of Metal Pollutants in Soils of the Dzhезказган Botanical Garden over 80 Years from the Organization and Beginning of Irrigation. *Problems of Regional Ecology*. 2023;1:74–81 (In Russ.).
11. Minashina N. G. *Recommendations for melioration assessment, development and use of gypsum-bearing soils for irrigated agriculture*. Moscow: Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev; 1979:42 (In Russ.).
12. Ozgeldinova Zh. O., Mukayev Zh. T. Factors and conditions of pollution of natural components of the Zhezkazgan industrial hub. *Hydro meteorology and Ecology*. 2018;1(88):111–130 (In Russ.).
13. Pankova E. I., Vorobyova L. A., Gadzhiev I. M., Gorokhova I. N., Elizarova T. N., Koroluk T. V., Lopatovskaya O. G., Novikova A. F., Reshetov G. G., Skripnikova M. I., Slavny S., Chemousenko G. I., Yamnova I. A. *Saline soils of Russia*. Moscow; Akademkniga Publ.; 2006:854 (In Russ.).
14. *Field guide to Russian soils*. Moscow: Soil Institute; 2008:182 (In Russ.).

15. *Soils of the Kazakh SSR*: in 16 issues. Alma-Ata: Publishing House of the Academy of Sciences of the KazSSR, 1967;8:331 (In Russ.).
16. Sirotnina T. O. From the history of the introduction of fruit and berry crops in the Zhezkazgan Botanical Garden. *Problems and Prospects of Studying the Biodiversity of Plants in Central Asia: Proc.*; 2022:473–477 (In Russ.).
17. Sirotnina T. O., Ivlev V. I., Adrianov N. G. *The Role of Academician K.I. Satpayev in the Development of the Zhezkazgan Botanical Garden. XIII Satpayev Readings: Proceedings of the International Scientific Conference of Young Scientists, Students and Schoolchildren*. Kazakhstan; 2013:6–8 (In Russ.).
18. Khitrov N. B., Gerasimova M. I. Proposed Changes to the Soil Classification of Russia: Diagnostic Features and Parent Rocks. *Soil Science*. 2022;1:3–14. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087> (In Russ.).
19. Khitrov N. B., Ponizovsky A. A. *Guide to laboratory methods for studying the ion-salt composition of neutral and alkaline mineral soils*. Moscow: Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev; 1990:236 (In Russ.).
20. Hesse P. R. Particle size distribution in gypsic soils. *Plant and Soil*. 1976;44 (1):241–247.
21. Pearson M. J., Monteith S. E., Ferguson R. R., Hallmark C. T., Hudnall W. H., Monger H. C., Reinsch T. G., West L. T. A method to determine particle size distribution in soils with gypsum. *Geoderma*. 2015;237:318–324. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.09.016>.

#### Информация об авторах

Кравченко Е. И. – младший научный сотрудник отдела генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв;

Голованов Д. Л. – кандидат географических наук, доцент;

Мушниковна Н. А. – инженер кафедры геохимии ландшафтов и географии почв;

Мусаэлян Р. Э. – младший научный сотрудник;

Гордиенко О. А. – кандидат биологических наук;

Аманжолов А. И. – заведующий кафедрой географии биолого-географического факультета;

Кушербаев С. А. – докторант 8D05101 – «Биология».

#### Information about the authors

Kravchenko E. I. – Junior Researcher of the Department of Genesis and Reclamation of Saline and Solonetz Soils;

Golovanov D. L. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor;

Mushnikova N. A. – Engineer of the Department of Landscape Geochemistry and Soil Geography;

Musaelyan R. E. – Junior Researcher;

Gordienko O. A. – Candidate of Biological Sciences;

Amanzholov A. I. – Head of the Department of Geography of the Faculty of Biology and Geography;

Kusherbayev S. A. – Doctoral Student 8D05101 – «Biology».

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.09.2025; одобрена после рецензирования 10.11.2025; принята к публикации 28.11.2025.

The article was submitted 11.09.2025; approved after reviewing 10.11.2025; accepted for publication 28.11.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 22–28.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):22–28 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 574.4/338.26  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.003>

### ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ПОЧВЫ ПОПУЛЯЦИЙ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

Гичун Иван Алексеевич<sup>1</sup>, Мирсанова Анастасия Анатольевна<sup>2</sup>, Луговской Александр Михайлович<sup>3</sup>✉

<sup>1,2</sup>Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

<sup>3</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

<sup>1</sup>[gichun\\_ivan@mail.ru](mailto:gichun_ivan@mail.ru)

<sup>2</sup>[a\\_mirsanova@mail.ru](mailto:a_mirsanova@mail.ru)

<sup>3</sup>[alug1961@yandex.ru](mailto:alug1961@yandex.ru)✉

**Аннотация.** Статья посвящена сравнительному анализу популяций инвазивного растения борщевика Сосновского в различных условиях Московского региона: городских (Москва) и сельских (Подмосковье). Целью работы являлось выявление формы изоляции и сравнение популяционных различий борщевика Сосновского в контрастных условиях Московской области (городская среда и загородные территории), оценка значения различий для экологического мониторинга, управления инвазивным видом с целью сохранения видового разнообразия и оценки сервисных услуг почв в процессе природопользования и функционирования особо охраняемых природных территорий. Особое внимание уделено влиянию антропогенных факторов и абиотических условий на дифференциацию популяций и их адаптационные стратегии. На основе проведенного сравнения оценено воздействие разных популяций на экосистемы (снижение биоразнообразия, эрозия почв) и предложены дифференцированные меры контроля (дистанционный мониторинг, точечная химическая обработка в городе, многоэтапный покос и создание буферных зон в сельской местности). Исследование подчеркивает необходимость учета специфики популяций для оценки экосистемных услуг и разработки эффективных стратегий управления опасным инвазивным видом в условиях урбанизированных и природных ландшафтов.

**Ключевые слова:** оценка экосистемных услуг почвы, инвазивный вид борщевик Сосновского, популяционная экология, городские и сельские экосистемы, изоляция популяций, морфологические различия

**Для цитирования:** Гичун И. А., Мирсанова А. А., Луговской А. М. Оценка экосистемных услуг почвы популяций борщевика Сосновского в Московском регионе // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 22–28. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.003>.

### ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES OF THE SOIL OF SOSNOWSKY'S HOGWEED POPULATIONS IN THE MOSCOW REGION

Ivan A. Gichun<sup>1</sup>, Anastasia A. Mirsanova<sup>2</sup>, Alexander M. Lugovskoy<sup>3</sup>✉

<sup>1,2</sup>Russian State Social University, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

<sup>1</sup>[gichun\\_ivan@mail.ru](mailto:gichun_ivan@mail.ru)

<sup>2</sup>[a\\_mirsanova@mail.ru](mailto:a_mirsanova@mail.ru)

<sup>3</sup>[alug1961@yandex.ru](mailto:alug1961@yandex.ru)✉

**Abstract.** The article is devoted to a comparative analysis of the populations of the invasive plant S. Sosnowsky in different conditions of the Moscow region: urban (Moscow) and rural (Moscow region). The aim of the work was to identify the form of isolation and to compare the population differences of S. Sosnowsky in contrasting conditions of the Moscow region (urban environment and suburban areas), to estimate the significance of the differences for ecological monitoring, management of the invasive species in order to preserve species diversity and to assess the service services of soils in the process of nature management and functioning of protected areas. Special attention is paid to the influence of anthropogenic factors and abiotic conditions on population differentiation and their adaptation strategies. Based on the comparison, the impact of different populations on ecosystems (reduction of biodiversity, soil erosion) is estimated and differentiated control measures are proposed (remote monitoring, spot chemical treatment in the city, multi-stage mowing and the creation of a buffer).

**Keywords:** assessment of soil ecosystem services, invasive species of Sosnowsky's hogweed, population ecology, urban and rural ecosystems, population isolation, and morphological differences

**For citation:** Gichun I. A., Mirsanova A. A., Lugovskoy A. M. Assessment of ecosystem services of the soil of Sosnowsky's hogweed populations in the Moscow region // *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):22–28. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.003> (In Russ.).

## **Введение**

Рост плотности популяций борщевика Сосновского приводит к вытеснению других видов, эрозии почв и риску для здоровья человека. Это крупное зонтичное растение начали использовать в середине XX в. как перспективную кормовую культуру. Однако его способность к быстрой колонизации территорий, устойчивость к неблагоприятным условиям и токсичность для человека и животных привели к превращению вида в опасный инвазивный сорняк. В настоящее время борщевик Сосновского доминирует в экосистемах Европы и Азии, включая Россию, где его распространение достигло масштабов экологического кризиса. Вместе с тем генетико-морфологическая структура популяций остается недостаточно изученной, особенно в урбанизированных биотопах.

В Московском регионе борщевик активно захватывает как природные биотопы (лесные опушки, поймы рек), так и антропогенные ландшафты (заброшенные поля, обочины дорог). По данным Россельхознадзора, за последнее десятилетие площадь его зарослей в области увеличилась на 40 %, что угрожает биоразнообразию и сельскому хозяйству. Растение формирует монодоминантные сообщества, подавляя местную флору, при контакте с человеком сок вызывает фитофотодерматит. Несмотря на пристальное внимание к проблеме, механизмы популяционной изоляции вида, его адаптационный потенциал и связь с факторами среды остаются малоизученными.

Цель работы – выявить формы изоляции и сравнить две различные популяции борщевика Сосновского в контрастных условиях Московской области (городская среда и загородные территории) и оценить значение различий для экологического мониторинга, управления инвазивным видом с целью сохранения видового разнообразия и оценки сервисных услуг почв в процессе природопользования и функционирования ООПТ.

## **Материалы и методы исследования**

Для определения объема экосистемных услуг была предпринята попытка исследования в состоянии двух популяций в различных естественных и урбанизированных условиях формирования фитоценологических методами. В процессе исследования сравнивались статистически обработанные параметры высоты растений и количество семян популяции с различным набором естественных антропогенных факторов. В качестве комплексного индикатора естественных условий Подмосковья и урбанизированных территорий города Москвы служили морфологические показатели и репродуктивная активность борщевика Сосновского. Одновременно оценивалось влияние содержания свинца на высоту растения в разных популяциях. С использованием картографического метода на основе проанализированных материалов интерактивных карт произведено районирование территории с выделением наиболее проблемных районов распространения борщевика Сосновского.

На интернет-ресурсах были проанализированы картографические материалы на порталах: ФГИС «Нераспространение борщевика Сосновского» (официальная карта Россельхознадзора), где данные обновляются по мере поступления информации от муниципалитетов и граждан; интерактивная карта на портале «Добродел» (Московская область); народные карты (OpenStreetMap).

Для исследования были выделены участки с самым широким распространением вида растения в Москве СЗАО и Московской области:

Популяция № 1 – районы Москвы (парк «Кузьминки-Люблино» и другие социально значимые объекты).

Популяция № 2 – прилегающие и сельские территории и заброшенные поля Подмосковья, а также участки возле основных транспортных узлов. Среди наиболее пораженных участков можно выделить территории:

1. Север и Северо-Запад (Дмитровский городской округ: многочисленные поля, особенно вблизи бывших сельхозпредприятий. Очаги вдоль канала имени Москвы. Клинский район: значительные заросли по обочинам Ленинградского шоссе и на заброшенных полях. Талдомский городской округ: сильно затронут, много пустующих земель. Солнечногорский район: активно распространяется вдоль берегов водоемов и рек).

2. Запад и Юго-Запад (Одинцовский городской округ: очаги вблизи населенных пунктов, вдоль Минского и Можайского шоссе. Истринский район: распространен по долинам рек, на заброшенных землях. Наро-Фоминский городской округ: локальные, но многочисленные очаги).

3. Восток и Юго-Восток (Ногинский район, Павловский Посад: заросли вдоль рек Клязьмы и Вори, на неиспользуемых полях. Раменский городской округ, Люберецкий городской округ: проблема существует в меньших масштабах, чем на севере, однако много очагов на пустырях вблизи городов).

4. Юг (Подольск, Домодедово, Чехов: распространен очагами, часто вдоль железных дорог и автодорог (Симферопольское шоссе).

5. Центральные районы ближе к МКАД в непосредственной близости от Москвы: Мытищи, Королев, Балашиха, Химки, Красногорск, где ведется активная борьба с борщевиком, поэтому крупных сплошных зарослей меньше. Однако он постоянно появляется на пустырях, стройках, вдоль железнодорожных путей и в оврагах.

На основе полученных результатов были определены полигоны исследования.

В процессе работы над анализом картографических материалов, особенностей морфологического строения интенсивности плодоношения борщевика Сосновского нами проводилось моделирование расчетов экосистемных услуг в денежном выражении. В основу был положен принцип расчетов ущерба одновременно с учетом недополученной прибыли.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Анализ картографических материалов, представленных на интерактивных картах ФГИС «Нераспространение борщевика Сосновского» (официальная карта Россельхознадзора), интерактивная карта на портале «Добродел» (Московская область), народные карты (OpenStreetMap) показал наиболее интенсивные ключевые физико-географические факторы расселения борщевика в Московской области:

1. Долины крупных рек и их притоков (основные артерии распространения): река Волга (на севере), особенно проблемными являются пойменные луга в районе Талдома и Дубны. Река Москва по течению от Можайска через Звенигород, Одинцово, Красногорск и далее на восток, где борщевик обильно растет на заброшенных полях и лугах в ее долине. Долина реки Клязьмы от Солнечногорска через Ногинск и Павловский Посад – один из сильнейших очагов. Пойменные территории реки Оки на юге также затронуты. Канал имени Москвы является крупным рукотворным коридором для распространения, особенно в Дмитровском районе.

2. Зоны моренных равнин и возвышенностей (бывшие сельхозугодья): Смоленско-Московская возвышенность (запад области). Здесь много заброшенных полей, где борщевик когда-то выращивался как силосная культура. Это районы Волоколамска, Истры, Рузы.

3. Клиско-Дмитровская гряда (север и северо-восток) – самый проблемный регион. Холмистый рельеф с множеством заброшенных ферм и полей идеален для борщевика. Дмитровский, Талдомский, Клинский районы – это эпицентр расселения.

Ландшафты, сдерживающие распространение на территории, представлены крупными лесными массивами, например, Мещерская низменность на востоке, так как густой лес неблагоприятен для светолюбивого борщевика; заболоченными низинами и верховыми болотами. А также урбанизированные территории с плотной застройкой и регулярным скашиванием являются непреодолимым барьером для распространения.

Большинство исследований борщевика Сосновского сосредоточено на общей биологии вида и методах борьбы с ним. Однако дифференциация популяций в зависимости от типа среды (природная и антропогенная) рассматривалась недостаточно подробно. Это создает пробел в понимании того, как ландшафтные барьеры, режим землепользования и климатические параметры влияют на генетическую и морфологическую изменчивость вида. В процессе исследования рассматривались две изолированные популяции борщевика Сосновского в Московском регионе, что позволяет:

1) выявить ключевые факторы, формирующие изоляцию;

2) установить связь между адаптациями растения и экологическими условиями;

3) выявить роль антропогенных и абиотических факторов в дифференциации популяций, их морфологические и генетические различия, оценить форму изоляции (географическая, экологическая, репродуктивная);

4) разработать рекомендации для управления распространения.

Как показывают результаты исследования и анализ литературных данных, в результате тесных взаимодействий с местными представителями геосистем борщевик Сосновского в Подмосковье вытесняет луговые злаки, снижая кормовую базу для видов копытных (косули, лоси). При этом отмечено влияние на насекомых-опылителей. Несмотря на токсичность, соцветия привлекают некоторых насекомых, а корневая система выделяет аллелопатические вещества, подавляющие рост микоризных грибов, критичных для лесных экосистем.

Была отмечена разница в популяциях, изолированных географически и экологически, где они демонстрируют значимые различия в жизненных стратегиях (табл. 1).

В природных геосистемах преобладает «консервативная» стратегия (высокая семенная продуктивность, низкая устойчивость к антропогенному воздействию), тогда как в агроландшафтах развиваются адаптации к антропогенному влиянию – укороченный жизненный цикл, устойчивость к покосу (табл. 2.).

Таблица 1 – Формы изоляции и факторы дифференциации

Критерий	Популяция 1 (город)	Популяция 2 (Подмосковье СЗАО)	Факторы влияния
Географическая изоляция	Окружена урбанизированными территориями	Отдалена от города, окружена лесами и полями	Автомобильные магистрали, плотная застройка, реки (Москва-река и ближайшие) и естественные ландшафты
Экологическая изоляция	Высокий уровень загрязнения (в том числе тяжелыми металлами)	Низкое загрязнение, но активное землепользование	Промышленные выбросы, дорожная пыль и сельскохозяйственные удобрения и пестициды
Репродуктивная изоляция	Ограниченное опыление из-за разделения мест обитаний	Активное перекрестное опыление между зарослями	Урбанизация нарушает работу опылителей (пчелы, шмели) в городе
Антропогенное давление	Частые покосы, обработка гербицидами	Эпизодический контроль (раз в 2–3 года)	Бюджетные программы Москвы и отсутствие системной борьбы в сельской местности

Таблица 2 – Морфологические и физиологические различия

Параметр	Популяция 1	Популяция 2	Причины различий
Высота растений, м	До 1,8–2,3 (ниже из-за стресса и покосов)	До 3,0–3,5 м (выше из-за отсутствия ограничений)	Антропогенное воздействие снижает ресурсы для роста в городе
Количество семян в одном растении в среднем	5–8 тыс.	12–20 тыс.	В городе растения переходят к стратегии быстрого размножения при частых покосах

Сравнивая популяции в различных выделенных местообитаниях, следует отметить, что для популяции № 1 в городских условиях характерно формирование островных зарослей, которые не вытесняют местные виды, сокращая, однако, площадь их распространения. Предположительно, это происходит из-за стресса, испытываемого борщевиком в результате специфических и эдафических условий – высокого загрязнения почв техногенного характера, специфического механического состава и плотности, а также регулярного покоса для формирования газонного типа растительности. Следует отметить подтвержденную нами закономерность взаимосвязи между снижением высоты растения и содержанием в почве свинца, что может быть использовано в качестве мониторинга состояния почв, а также применение оксида свинца в качестве пессимального фактора для сокращения площадей распространения борщевика Сосновского. Для оптимизации среды требуется локальный контроль обеспечения безопасности здоровья населения из-за близости к рекреационным местам, а также необходимо использовать дистанционный мониторинг загрязнения и распространения борщевика Сосновского.

Анализируя популяцию № 2, следует сказать о том, что борщевик Сосновского заметно снижает биоразнообразие, создавая монопоидальные сообщества. При этом наблюдается процесс изменения структуры почв, их механического состава, что приводит к водной и ветровой эрозии. В качестве мер оптимизации природопользования для препятствия снижению урожайности агрокультуры на сельскохозяйственных угодьях и развитию растений необходима механическая утилизация, высеv видов конкурентов для подавления роста борщевика.

Результаты могут быть использованы для прогнозирования распространения борщевика в зависимости от типа ландшафта при разработке региональных программ контроля инвазивных видов (например, выбор гербицидов или сроков покоса) и в качестве модели для изучения механизмов изоляции у других инвазивных растений.

Расчет экологического ущерба в денежном эквиваленте целесообразно проводить через оценку стоимости утраченных экосистемных услуг тех благ, которые природой предоставляются человеку безвозмездно на основе методики, основанной на международной инициативе, цель которой – экономическая оценка природы ТЕЕВ (The Economics of Ecosystems and Biodiversity).

Алгоритм может быть представлен следующей формулой для упрощенного расчета: ущерб равен площади деградированных земель (га), умноженной на стоимость экосистемных услуг (руб./га в год). В этом случае модель расчета может быть представлена:

1. Площадь деградировавших земель: берем ранее использованную оценку в 100 000 га.

2. Стоимость экосистемных услуг (по данным исследований для луговых и сельскохозяйственных экосистем России): эта стоимость варьируется. Для луговых экосистем умеренной зоны она оценивается в 30 000–70 000 руб./га в год (в ценах 2023–2024 гг.). Возьмем для расчета среднее значение 50 000 руб./га/год, куда войдет стоимость регуляции климата (связывания углерода), очистки воды и воздуха, формирования и поддержания почвенного плодородия, поддержания биоразнообразия, опыления растений, включая сельхозкультуры и рекреационную и эстетическую ценность.

3. Прямой расчет ущерба экосистемных услуг:  
 $100\,000\text{ га} \times 50\,000\text{ руб./га/год} = 5\,000\,000\,000\text{ руб./год.}$

Таким образом, объем потерь только от утраты экосистемных услуг составит 5 млрд рублей ежегодно. Итоговый суммарный экологический ущерб можно оценить, сложив прямую оценку утраченных экосистемных услуг с косвенными потерями от потерь в рекреации и ущерб ООПТ. Следовательно, общий экологический ущерб приближается к 5,5–6 млрд рублей ежегодно. Важно помнить, что это консервативная оценка, реальный ущерб может быть выше, так как борщевик продолжает распространяться, а восстановление экосистемы после уничтожения борщевика – долгий и дорогой процесс, требующий рекультивации земель и искусственного восстановления растительного покрова. Наибольший ущерб – необратимый, где утрата отдельных видов местной флоры и фауны, разрушение уникальных природных сообществ не имеют денежного выражения.

Таким образом, экологический ущерб от борщевика сравним или даже превышает ущерб сельскому хозяйству. Он подрывает естественный природный фундамент всего региона, делая его менее устойчивым, менее разнообразным и менее пригодным для жизни. Оценка экосистемных услуг на примере борьбы с инвазивными видами на примере борщевика Сосновского – это, в первую очередь, инвестиция в экологическую безопасность.

#### **Заключение**

Ландшафты, сдерживающие распространение светолюбивого борщевика на территории Московского региона, представлены крупными лесами, переувлажненными и заболоченными низинами и верховыми болотами, а также плотной застройкой с регулярным скашиванием урбанизированных территорий. Как показали результаты анализа территории распространения, районы с наибольшими площадями Борщевика располагаются в относительной близости и связаны транспортной сетью, что также возможно способствует распространению данного вида.

В качестве мероприятий по эффективному снижению масштабов распространения борщевика Сосновского могут быть рекомендованы: для Москвы – внедрение GIS-мониторинга зарослей с использованием дистанционных методов зондирования – дронов, а для Подмосковья – создание буферных зон с посадкой рудеральных конкурентных видов (крапива, топинамбур). Для сельских популяций рекомендовать покос в несколько этапов: первый – в мае до цветения, второй – в июле для уничтожения вторичных побегов, а также и после, если это будет необходимо. В городских условиях применять гербициды ранней весной, когда растение наиболее уязвимо, а почва еще влажная, что снижает риск распространения химикатов. После удаления борщевика в природных биотопах высаживать местные виды-конкуренты (например, крапиву, лопух, злаковые травы), адаптированные к конкретным почвенным условиям.

Как показало проведенное исследование, моделирование расчетов экосистемных услуг в денежном выражении является важным моментом оценки природопользования, а недоучет прибыли в результате его осуществления может быть положен в систему планирования хозяйственной деятельности на этапе проектирования.

#### **Список литературы**

1. Годин В. Н., Архипова Т. В., Яламова Ж. И. Биология цветения *Heracleum Sibiricum* (APIACEAE) в Московской области // ИВУЗ ПР Естественные науки. 2021. № 2 (34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologiya-tsveteniya-heracleum-sibiricum-ariaseae-v-moskovskoy-oblasti> (дата обращения: 22.11.2025).
2. Дымова Т. В., Морозова Л. А. Геоэкологическая оценка пожароопасности территорий для минимизации неблагоприятных экологических последствий // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 2 (77). С. 90–94. EDN AUARTV.
3. Луговской А. М., Терехин М. Е., Межова Л. А. Геоэкологические особенности организации мониторинга за борщевиком Сосновского для защиты сельскохозяйственных земель от инвазивных растений // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 2 (93). С. 84–87. DOI: 10.54398/20776322\_2024\_2\_84. EDN MTZSEE.
4. Кадетов Н. Г., Чернышов М. П. Влияние инвазивных видов растений на элементы зеленой инфраструктуры городов на примере московской агломерации // Социально-экологические технологии. 2021. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-invazionnyh-vidov-rasteniy-na-elementy-zelenoy-infrastruktury-gorodov-na-primere-moskovskoy-aglomeratsii> (дата обращения: 22.11.2025).

5. Карта распространения борщевика Сосновского проекта «Антиборщевик» // Карта геопортала Подмосквья – государственная краудсорсинговая карта. URL: <https://rgis.mosreg.ru/v3/#/maplayers=367&bbox=37.12120,55.56311,37.36998,55.69778&card=2027680690>.
6. Кондратьев М. Н., Бударин С. Н., Ларикова Ю. С. Физиолого-экологические механизмы инвазивного проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в неиспользуемые агроэкосистемы // Известия ТСХА. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologo-ekologicheskie-mehanizmy-invazivnogo-proniknoveniya-borshevika-sosnovskogo-heracleum-sosnowskyi-manden-v-neispolzuemye> (дата обращения: 22.05.2025).
7. Озерова Н. А., Елкина Е. С., Швецов А. Н., Куклина А. Г. Исследование распространения борщевика Сосновского в Московской области с использованием спутниковых данных. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/9878.htm>.
8. Семчук Н. Н., Балун О. В., Гладких С. Н., Абдушаева Я. М. Трансформация травянистого культурного растения в опасный инвазивный дикорастущий вид // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 4 (109). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-travyanistogo-kulturnogo-rasteniya-v-opasnyy-invazionnyy-dikorastuschiy-vid> (дата обращения: 17.11.2025).
9. Синцов А. В., Бармин А. Н., Синцова Н. В. Анализ теплично-огородных конструкторов урбанизированных территорий // Геология, география и глобальная энергия. 2024. № 2 (93). С. 95–101. DOI: 10.54398/20776322\_2024\_2\_95. EDN GYVBFA.
10. Сорокин И. А., Романов П. Н., Чесноков А. Д., Кондраненкова Т. Е. Математическая модель обработки изображений опасных и вредоносных растений с камеры БПЛА // Вестник НИИЭИ. 2023. № 5 (144). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskaya-model-obrabotki-izobrazheniy-opasnyh-i-vredonosnyh-rasteniy-s-kamery-bpla> (дата обращения: 22.05.2025).
11. Сорокин И. А., П. Н. Романов, Чесноков А. Д., Кондраненкова Т. Е. Разработка аппаратно-программного комплекса на основе БПЛА для выявления мест нахождения борщевика // Вестник НИИЭИ. 2021. № 11 (126). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-apparatno-programmnogo-kompleksa-na-osnove-bpla-dlya-vyuavleniya-mest-nahozhdeniya-borshevika> (дата обращения: 22.11.2025).
12. Тамразова О. Б., Селезнев С. П., Тамразова А. В. Фитодерматиты у детей, вызванные борщевиком Сосновского // Педиатрия. Consilium Medicum. 2019. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitodermatity-u-detej-vyzvannye-borshevikom-sosnovskogo> (дата обращения: 22.05.2025).
13. Чегодаева Н. Д., Маскаева Т. А., Лабутина М. В. Аллелопатическое влияние борщевика Сосновского (*Heracleum Sosnowskyi* Manden) на культурные растения // Фундаментальные исследования. 2015. № 2–6. С. 5845–5849.
14. Цховребов Э. С., Юрьев К. В. Биологические аспекты обеспечения экологической безопасности // Вестник КГУ. 2012. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-aspekty-obespecheniya-ekologicheskoy-bezopasnosti> (дата обращения: 22.11.2025).

#### References

1. Godin V. N., Arkhipova T. V., Yalamova Zh. I. Biology of *Heracleum Sibiricum* (APIACEAE) flowering in the Moscow region. *IVUZ PR Natural Sciences*; 2021:2(34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologiya-tsveteniya-heracleum-sibiricum-ariaseae-v-moskovskoy-oblasti> (accessed 22.11.2025) (In Russ.).
2. Думова Т. В., Морозова Л. А. Geoecological assessment of fire hazard of territories for minimizing adverse environmental consequences. *Geology, Geography and Global Energy*. 2020;2(77):90–94. EDN AUARTV (In Russ.).
3. Lugovskoy A. M., Terekhin M. E., Mezkhova L. A. Geoecological features of monitoring Sosnowsky's hogweed to protect agricultural lands from invasive plants. *Geology, Geography and Global Energy*. 2024;2(93):84–87. DOI: 10.54398/20776322\_2024\_2\_84. EDN MTZSEE (In Russ.).
4. Kadetov N. G., Chernyshov M. P. Influence of invasive plant species on green infrastructure elements in cities: the case of the Moscow agglomeration. *Social and Ecological Technologies*; 2021:3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-invazionnyh-vidov-rasteniy-na-elementy-zelenoy-infrastruktury-gorodov-na-primere-moskovskoy-aglomeratsii> (accessed 22.11.2025) (In Russ.).
5. Map of the distribution of the Sosnowsky hogweed of the Anti-hogweed project. *Map of the geoport of the Moscow region – state crowdsourcing map*. URL: <https://rgis.mosreg.ru/v3/#/maplayers=367&bbox=37.12120,55.56311,37.36998,55.69778&card=2027680690> (In Russ.).
6. Kondratiev M. N., Budarin S. N., Larikova Yu. S. Physiological and Ecological Mechanisms of the Invasive Spread of Sosnowsky's Cow Parsnip (*Heracleum sosnowskyi* Manden) in Unused Agroecosystems. *Izvestiya of the Moscow Agricultural Academy*; 2015:2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziologo-ekologicheskie-mehanizmy-invazivnogo-proniknoveniya-borshevika-sosnovskogo-heracleum-sosnowskyi-manden-v-neispolzuemye> (accessed 22.05.2025) (In Russ.).
7. Ozerova N. A., Yolkina E. S., Shvetsov A. N., Kuklina A. G. *Study of the distribution of Sosnowsky's hogweed in the Moscow region using satellite data*. URL: <http://conf.rse.geosmis.ru/files/books/2023/9878.htm> (In Russ.).
8. Semchuk N. N., Balun O. V., Gladkikh S. N., Abdushaeva Ya. M. Transformation of a Herbaceous Cultivated Plant into a Dangerous Invasive Wild Species. *AgroEcoEngineering*; 2021:4(109). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transformatsiya-travyanistogo-kulturnogo-rasteniya-v-opasnyy-invazionnyy-dikorastuschiy-vid> (accessed 17.11.2025) (In Russ.).

9. Sintsov A. V., Barmin A. N., Sintsov N. V. Analysis of greenhouse and garden constructozems of urbanized territories. *Geology, Geography and Global Energy*. 2024;2(93):95–101. DOI: 10.54398/20776322\_2024\_2\_95. EDN GVYBFA (In Russ.).
10. Sorokin I. A., Romanov P. N., Chesnokov A. D., Kondranenkova T. E. Mathematical model of processing images of dangerous and harmful plants from an UAV camera. *Bulletin of NGIEI*; 2023:5(144). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskaya-model-obrabotki-izobrazheniy-opasnyh-i-vredonosnyh-rasteniy-s-kamery-bpla> (accessed 22.05.2025) (In Russ.).
11. Sorokin I. A., Romanov P. N., Chesnokov A. D., Kondranenkova T.E. Development of a Hardware and Software Complex Based on UAVs for Identifying Locations of Cow Parsnip. *Bulletin of NGIEI*; 2021:11(126). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-apparatno-programmnogo-kompleksa-na-osnove-bpla-dlya-vyyavleniya-mest-nahozhdeniya-borschevika> (accessed 22.11.2025) (In Russ.).
12. Tamrazova O. B., Seleznev S. P., Tamrazova A. V. Phytodermatitis in children caused by the hogweed of Sosnowski. *Pediatrics. Consilium Medicum*; 2019:2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fitodermatity-u-de-tey-vyzvannye-borschevikom-sosnovskogo> (accessed 22.05.2025) (In Russ.).
13. Chegodaeva N. D., Maskaeva T. A., Labutina M. V. Allelopathic effect of the Sosnowsky's hogweed (*Heracleum Sosnowskyi* Manden) on cultivated plants. *Fundamental Research*. 2015;2–26:5845–5849 (In Russ.).
14. Tskhovrebov E. S., Yuryev K. V. Biological aspects of ensuring environmental safety. *Bulletin of Kostroma State University*; 2012:2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-aspekty-obespecheniya-ekologicheskoy-bezopasnosti> (accessed 22.11.2025) (In Russ.).

#### Информация об авторах

Гичун И. А. – аспирант;  
Мирсанова А. А. – аспирант;  
Луговской А. М. – доктор географических наук профессор кафедры географии.

#### Information about the authors

Gichun I. A. – postgraduate student;  
Mirsanova A. A. – postgraduate student;  
Lugovskoy A. M. – Doctor of Sciences (Geographical), Professor of the Department of Geography.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.09.2025; одобрена после рецензирования 13.11.2025; принята к публикации 28.11.2025.

The article was submitted 30.09.2025; approved after reviewing 13.11.2025; accepted for publication 28.11.2025.

## ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ (ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ)

*Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 4 (99). С. 29–33.  
*Geology, Geography and Global Energy.* 2025;4(99):29–33 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 332.6  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.004>

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РИСА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

Барсукова Галина Николаевна<sup>1</sup>, Березина Ангелина Михайловна<sup>2</sup>✉, Голиков Алексей Дмитриевич<sup>3</sup>

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

<sup>1</sup>[galinakgau@yandex.ru](mailto:galinakgau@yandex.ru)

<sup>2</sup>[angelina.berezina2002@yandex.ru](mailto:angelina.berezina2002@yandex.ru) ✉

<sup>3</sup>[Alex.golikov.2002.2@gmail.com](mailto:Alex.golikov.2002.2@gmail.com)

**Аннотация.** Наличие рисовых земель – это одна из региональных особенностей Кубани. Исследование основных направлений повышения эффективности рисоводства для условий Краснодарского края, где имеются необходимые земельные и природно-климатические условия для выращивания этой культуры, является актуальной проблемой. Цель исследования – обоснование основных направлений повышения эффективности рисоводства для Калининского района Краснодарского края. Научная новизна включает расчет упущенной выгоды с земельного участка площадью 216,65 га, имеющего оросительную систему, но не используемого под посевы риса, установленного с помощью применения географических информационных технологий (космоснимков). В статье дан анализ эффективности выращивания риса в Калининском районе Краснодарского края. Рассмотрены положительные факторы региона – благоприятный климат, пригодные почвы, доступные водные ресурсы и система орошения, развитая инфраструктура. Для получения объективной оценки производства риса проанализированы экономические показатели – урожайность, себестоимость, рентабельность, сделан вывод о необходимости постоянного анализа конкретных данных за определенный период времени для мониторинга эффективности производства риса. Рассчитана упущенная выгода как разница результативных финансово-экономических показателей при выращивании озимой пшеницы и риса с участка, не используемого под посевы риса. Для повышения эффективности использования земель в сельскохозяйственных земляпользованиях западной сельскохозяйственной зоны Краснодарского края, специализирующихся на производстве риса, предложено разрабатывать проекты землеустройства по принципу эколого-ландшафтной организации территории. При этом производственные затраты должны включать издержки на выполнение ежегодных гидротехнических и противодеградационных мероприятий, обеспечивающих ежегодное воспроизводство почвенного плодородия.

**Ключевые слова:** западная сельскохозяйственная зона Краснодарского края, производство риса, урожайность, себестоимость, рентабельность, упущенная выгода, эффективность

**Для цитирования:** Барсукова Г. Н., Березина А. М., Голиков А. Д. Повышение эффективности производства риса в Краснодарском крае // *Геология, география и глобальная энергия.* 2025. № 4 (99). С. 29–33. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.004>.

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF RICE PRODUCTION IN THE KRASNODAR REGION

Galina N. Barsukova<sup>1</sup>, Angelina M. Berezina<sup>2</sup>✉, Alexey D. Golikov<sup>3</sup>

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

<sup>1</sup>[galinakgau@yandex.ru](mailto:galinakgau@yandex.ru)

<sup>2</sup>[angelina.berezina2002@yandex.ru](mailto:angelina.berezina2002@yandex.ru) ✉

<sup>3</sup>[Alex.golikov.2002.2@gmail.com](mailto:Alex.golikov.2002.2@gmail.com)

**Abstract.** The availability of rice lands is one of the regional features of Kuban, and the study of the main directions for improving the efficiency of rice farming in the Krasnodar Territory, where there are necessary land and climatic conditions for growing this crop, is an urgent problem. The purpose of the study is to substantiate the main directions of increasing the efficiency of rice farming for the Kalininsky district of the Krasnodar Territory. The scientific novelty includes the calculation of lost profits from a land plot with an area of 216.65 hectares, which has an irrigation system but is not used for rice crops, established using the use of geographic information technologies (satellite images). The article analyzes the efficiency of rice cultivation in the Kalininsky district of the Krasnodar Territory. The positive factors of the region are considered – favorable climate, suitable soils, available water resources and irrigation system, developed infrastructure. In order to obtain an objective assessment of rice production, economic indicators such as yield, cost, profitability are analyzed, and it is concluded that it is necessary to constantly analyze specific data for a certain period of time to monitor the effectiveness of rice production. The lost

profit is calculated as the difference in effective financial and economic indicators when growing winter wheat and rice from a plot not used for rice crops. To increase the efficiency of land use in agricultural land use in the Western agricultural zone of the Krasnodar Territory, specializing in rice production, it is proposed to develop land management projects based on the principle of ecological and landscape organization of the territory. At the same time, production costs should include the costs of performing annual hydraulic engineering and anti-degradation measures that ensure the annual reproduction of soil fertility.

**Keywords:** western agricultural zone of the Krasnodar Territory, rice production, yield, cost, profitability, lost profits, efficiency

**For citation:** Barsukova G. N., Berezina A. M., Golikov A. D. Improving the efficiency of rice production in the Krasnodar region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):29–33. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.004> (In Russ.).

Изучение развития рисоводства в зарубежных странах показало, что Китай занимает лидирующую позицию по мировому объему производства риса, в то время как Индия обладает наибольшей посевной площадью и является крупнейшим экспортером. Благодаря уникальным технологиям возделывания, достижениям в области биоинженерии и селекционно-генетических исследований, с учетом стандартов устойчивого производства, возможно обеспечить потребителей полезным, высококачественным и питательным рисом, одновременно увеличивая его производство и оберегая окружающую среду. Сделан вывод о необходимости учета зарубежного опыта в рисоводстве для увеличения производства риса и защиты окружающей среды в России [1].

Выращивание риса в Калининском районе Краснодарского края играет существенную роль в аграрном секторе региона. Благоприятные климатические условия и достаточное количество водных ресурсов делают рис одной из главных сельскохозяйственных культур западной сельскохозяйственной зоны Краснодарского края. Умеренный климат Калининского района идеально подходит для возделывания риса, так как эта культура нуждается в тепле и обилии солнечного света. Плодородные черноземы и аллювиальные почвы способствуют здоровому росту корневой системы риса и повышению урожайности [7, с. 75].

Важнейшим элементом в выращивании риса является наличие воды. Для продуктивного роста риса необходимо непрерывное орошение, обеспечиваемое системами водозаборных и сбросных каналов и водохранилищ. Поддержание оптимального уровня воды во время вегетационного периода имеет решающее значение для получения высоких урожаев [2, с. 52].

Согласно статистическим данным, Калининский район демонстрирует высокие результаты в области выращивания риса. Ежегодно урожайность колеблется в пределах 5–7 тонн с гектара, что является хорошими показателями. Рисоводство заслуженно считается визитной карточкой агропромышленного комплекса Калининского района. В 2022 г. район занял лидирующую позицию среди районов Краснодарского края, специализирующихся на выращивании риса.

В ряде хозяйств Калининского района урожайность достигает более 75 центнеров с гектара, что указывает на значительный потенциал культуры и возможности для дальнейшего увеличения объемов производства (табл. 1) [4].

Таблица 1 – Показатели производства риса в Калининском районе

Показатели	Годы					2024 г., к 2016 г., %
	2016	2018	2020	2022	2024	
Посевные площади (тыс. га)	22	21	23	22	23	105
Валовый сбор (тыс. тонн)	133	132	150	164	161	121
Урожайность (ц с 1 га.)	60,6	62,9	65,0	74,4	70,2	116

Анализ таблицы 1 показывает колебания посевной площади по годам. Максимальные значения посевных площадей зафиксированы в 2024 г., в то время как максимальный валовой сбор и наиболее высокая урожайность были в 2022 г. В период 2023–2024 гг. произошло снижение цен на рисовую крупу до 30–31 руб./кг, это ниже стандартных 35–37 руб./кг, что негативно сказалось на результатах производства риса. Следует отметить, что высокие показатели производства риса в отдельных сельскохозяйственных организациях иногда достигались за счет нарушения принципов рисового севооборота. В результате эти участки земли утратили плодородие и нуждаются в восстановлении [5, с. 80].

Финансово-экономические показатели производства риса в Калининском районе приведены в таблице 2.

В 2018 г. уровень дохода уменьшился на 47 % относительно показателя 2016 г. Это обусловлено не только уменьшением стоимости зерна риса под влиянием макроэкономических факторов, но и увеличением производственных расходов. Затраты на гектар в 2018 г. выросли на 23 % по сравнению с 2016 г., достигнув 75,2 тыс. руб. В 2024 г. рентабельность выросла до 30 % по причине роста цен, несмотря на рост себестоимости зерна [6, с. 38].

Таблица 2 – Финансово-экономические показатели производства риса в Калининском районе

Показатели	Годы				
	2016	2018	2020	2022	2024
Общие затраты на 1 га, тыс. руб.	64,4	75,2	78,5	81,5	89,2
Себестоимость 1 т, тыс. руб.	10,2	12,0	13,0	12,1	13,6
Рентабельность, %	88,6	29,8	34,1	34,0	40,0
Доход с 1 га, тыс. руб.	126,4	91,0	97,5	114,4	113,3

Для повышения эффективности рисоводства необходимо внедрять научно обоснованные севообороты, которые обеспечивают борьбу с сорняками, обогащают почву питательными веществами. В качестве альтернативных культур высаживают пшеницу, рапс, горох, сою, гречиху и бобово-злаковые смеси [3].

При анализе эффективности рисоводства был выявлен ежегодный недополученный доход (упущенная выгода) с участка площадью 216,65 га, имеющего оросительную систему, но несколько лет не используемого под посевы риса (рис.).



Рисунок – Космоснимок участка 2019 г. DigitalGlobe

Упущенная выгода определена, как разница результативных показателей при выращивании озимой пшеницы и риса (табл. 3).

Результаты исследований указывают на более высокую эффективность производства риса. Во избежание снижения урожайности рекомендуется чередовать посевы риса с пшеницей, горохом, люцерной, используя их в качестве органических удобрений, так как в системе рисового севооборота существенную роль играет сочетание различных культур [1]. Для повышения эффективности использования земель в сельскохозяйственных землепользованиях западной сельскохозяйственной зоны Краснодарского края, специализирующихся на производстве риса, необходимо разрабатывать проекты землеустройства по принципу эколого-ландшафтной организации территории, учитывающей производственно-ресурсный и природно-экологический потенциал, конъюнктуру рынка. При этом производственные затраты должны включать издержки на выполнение ежегодных гидротехнических и противодеградационных мероприятий (засоление, заболачивание почв), обеспечивающих ежегодное воспроизводство почвенного плодородия [8].

Таблица 3 – Сравнительный анализ финансово-экономических показателей выращивания риса и пшеницы

Показатели	Рис	Пшеница
Площадь, га	216,65	216,65
Урожайность, ц/га	61,1	64,9
Валовая продукция, т	1323	1406
Оптимальная цена за тонну, тыс. руб.	100	15
Выручка, тыс. рублей	132 300 000	21 090 000
Производственные затраты, тыс. руб.	52 920 000	1 898 100
Чистый доход, тыс. руб.	79 380 000	19 191 900
Упущенная выгода, тыс. руб.	23 020 200	15 045 606

Следует продолжать работу по совершенствованию рисовых севооборотов, оптимизации их структуры, что позволит увеличить валовой сбор риса, повысить эффективность рисоводства в регионе.

Необходимы дальнейшие исследования по обоснованию нормативов антропогенной нагрузки на рисовые типы агроландшафта и адаптации систем земледелия к особенностям природных ландшафтов с учетом модернизации агротехнологий, интенсификации производства, внедрения новых высокоурожайных сортов, применения современной техники в условиях рационального использования ресурсов.

#### Список литературы

1. Барсукова Г. Н., Goverdovskaya M. D. Анализ отечественного и зарубежного опыта развития рисоводства // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. 2022. № 4. DOI: 10.55186/02357801\_2022\_7\_4\_3. EDNVYMPJ.
2. Владимиров С. А. Рисовые севообороты: анализ, проблемы, перспективы // Теоретические и практические аспекты развития научной мысли в современном мире: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (15 мая 2017 г., г. Екатеринбург): в 4 ч. Уфа: Аэтерна, 2017. Ч. 4. С. 51–55.
3. Двойченко В. О. Балансы зерновых культур (пшеница, рис) в КНР: 2000–2020-е гг. // Восточная аналитика. 2023. Т. 14, № 1. С. 19–35. DOI: 10.31696/2227-5568-2023-01-019-035. EDNDOEJYN.
4. Краснодарский край в цифрах: стат. сб. Краснодар: Краснодарстат, 2017, 2019, 2021, 2023, 2025.
5. Крылова Н. Н., Гузенко К. А., Остапенко Г. И., Куцупий Д. Г. Обоснование перехода на устойчивое рисоводство // Экология речных ландшафтов: сборник статей по материалам II Международной научной экологической конференции, Краснодар, 06 декабря 2017 года. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2018. С. 79–84. EDNXZEDQD.
6. Goverdovskaya M. D. Социальные и экологические проблемы развития рисоводства в Краснодарском крае // Электронная наука. 2022. Т. 3, № 1. EDN SLQDUA
7. Goverdovskaya M. D., Barsukova G. N. Экологические проблемы развития рисоводства в Краснодарском крае // Институциональные тренды трансформации социально-экономической системы в условиях глобальной нестабильности: материалы V Международной научно-практической конференции (Краснодар, 18 ноября 2021 г.). Краснодар: Российское энергетическое агентство Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2021. С. 92–99.
8. Шеджен А. Х., Гуторова О. А., Хурум Х. Д. Пищевой режим почв рисовых полей // Год науки и технологий. 2021: сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар, 9–12 февраля 2021 г.) / отв. за выпуск А. Г. Кошаев. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2021. С. 33.

#### References

1. Barsukova G. N. Goverdovskaya M. D. Analysis of domestic and foreign experience in the development of rice farming. *International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral*; 2022:4. DOI: 10.55186/02357801\_2022\_7\_4\_3. EDN VYMPJ (In Russ.).
2. Vladimirov S. A. Rice crop rotations: analysis, problems, prospects. *Theoretical and practical aspects of the development of scientific thought in the modern world: collection of the International Scientific and Practical Conference (May 15, 2017, Yekaterinburg): in 4 p.* Ufa: Aeterna. 2017;4:51–55 (In Russ.).
3. Dvoichenkov V. O. Balances of grain crops (Wheat, rice) in China: 2000–2020. *Eastern Analytics*. 2023;14;1:19–35. DOI: 10.31696/2227-5568-2023-01-019-035. EDN DOEJYN (In Russ.).
4. *Krasnodar Territory in numbers: Statistics collection*. Krasnodar, Krasnodarstat, 2017, 2019, 2021, 2023, 2025 (In Russ.).
5. Krylova N. N., Guzenko K. A., Ostapenko G. I., Kutsupiy D. G. Justification of the transition to sustainable rice farming. *Ecology of river landscapes: a collection of articles based on the materials of the II International Scientific Ecological Conference, Krasnodar, December 06, 2017*. Krasnodar: I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University; 2018:79–84. EDN XZEDQD (In Russ.).
6. Goverdovskaya M. D. Social and ecological problems of rice farming development in the Krasnodar territory. *Electronic Science*. 2022;3:1. EDN SLQDUA (In Russ.).
7. Goverdovskaya M. D., Barsukova G. N. *Ecological problems of rice farming development in the Krasnodar territory. Institutional trends in the transformation of the socio-economic system in the context of global instability: proceedings of the V International Scientific and Practical Conference (Krasnodar, November 18, 2021)*. Krasnodar: Russian Energy Agency Ministry of Energy of the Russian Federation Krasnodar Central Research

Institute – branch of the Federal State Budgetary Institution «REA» Ministry of Energy of the Russian Federation; 2021:92–99 (In Russ.).

8. Sheujen A. H., Gutorova O. A., Hurum H. D. Nutritional regime of rice field soils. *The Year of Science and Technology. 2021: collection of abstracts based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Krasnodar, February 9–12, 2021)*. Ed. for issue by A. G. Koshchaev. Krasnodar: I.T. Trublin Kuban State Agrarian University, 2021:33 (In Russ.).

Информация об авторах

Барсукова Г. Н. – заслуженный землеустроитель Кубани, кандидат экономических наук, доцент ВАК, профессор кафедры землеустройства и земельного кадастра;

Березина А. М. – магистрант землеустроительного факультета;

Голиков А. Д. – магистрант землеустроительного факультета.

Information about the authors

Barsukova G. N. – Honored Land Surveyor of the Kuban Region, PhD in Economics, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Professor of the Department of Land Management and Land Cadaster;

Berezina A. M. – Master's Student of the Department of Land Management;

Golikov A. D. – Master's student of the Faculty of Land Management.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.09.2025; одобрена после рецензирования 15.09.2025; принята к публикации 07.11.2025.

The article was submitted 22.09.2025; approved after reviewing 15.09.2025; accepted for publication 07.11.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 34–40.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):34–40 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 630\*266+004  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.005>

### ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ПОЛОС

Богомазов Сергей Владимирович<sup>1</sup>, Ефремова Екатерина Владимировна<sup>2</sup>✉, Ткачук Оксана Анатольевна<sup>3</sup>, Лянденбургская Алена Владимировна<sup>4</sup>, Козлов Максим Сергеевич<sup>5</sup>

Пензенский государственный аграрный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>[bogomazov.s.v@pgau.ru](mailto:bogomazov.s.v@pgau.ru)

<sup>2</sup>[efremova.e.v@pgau.ru](mailto:efremova.e.v@pgau.ru) ✉

<sup>3</sup>[tkachuk.o.a@pgau.ru](mailto:tkachuk.o.a@pgau.ru)

<sup>4</sup>[lyandenburskaya.a.v@pgau.ru](mailto:lyandenburskaya.a.v@pgau.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты геоинформационного анализа состояния полевых защитных лесных полос на территории Мокшанского района Пензенской области. Целью исследования являлась оценка современного состояния полевых защитных лесных полос и анализ их распределения по категориям земель и формам собственности. В работе использовались методы дистанционного зондирования (Sentinel Hub EO Browser), визуального дешифрирования космоснимков и расчет вегетационного индекса NDVI для классификации состояния насаждений. Создана векторная карта расположения ПЛП в среде QGIS. Установлено, что из 300 полос общей протяженностью 412,6 км лишь 113 находятся в хорошем состоянии. Значительная часть (133) требует восстановления, а 54 полосы полностью утратили функциональность. Анализ распределения по формам собственности показал доминирование частных земель сельскохозяйственного назначения (52,49 %) и высокую долю участков с неустановленной собственностью (13,33 %), что осложняет управление и восстановление. На основе полученных данных разработаны практические рекомендации по оптимизации сети полевых защитных лесных полос, включая меры по восстановлению, уточнению правового статуса земель и усилению роли частно-государственного партнерства. Подчеркивается необходимость использования ГИС-технологий для мониторинга и планирования агролесомелиоративных мероприятий в условиях изменения климата.

**Ключевые слова:** полевые защитные лесные полосы, геоинформационный анализ, мониторинг, ГИС, земельный кадастр, формы собственности, восстановление насаждений

**Для цитирования:** Богомазов С. В., Ефремова Е. В., Ткачук О. А., Лянденбургская А. В., Козлов М. С. Геоинформационный анализ и оценка состояния полевых защитных полос // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 34–40. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.005>.

### GEOINFORMATION ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE STATE OF SHELTERBELTS

Sergey V. Bogomazov<sup>1</sup>, Ekaterina V. Efremova<sup>2</sup>✉, Oksana A. Tkachuk<sup>3</sup>, Alyona V. Lyandenburskaya<sup>4</sup>, Maxim S. Kozlov<sup>5</sup>

Penza State Agrarian University, Penza, Russia

<sup>1</sup>[bogomazov.s.v@pgau.ru](mailto:bogomazov.s.v@pgau.ru)

<sup>2</sup>[efremova.e.v@pgau.ru](mailto:efremova.e.v@pgau.ru) ✉

<sup>3</sup>[tkachuk.o.a@pgau.ru](mailto:tkachuk.o.a@pgau.ru)

<sup>4</sup>[lyandenburskaya.a.v@pgau.ru](mailto:lyandenburskaya.a.v@pgau.ru)

**Abstract.** The article presents the results of a geoinformation analysis of the state of shelterbelt forest strips (SFS) in the Mokshansky District of the Penza Region. The aim of the study was to assess the current state of shelterbelt forest strips and analyze their distribution by land categories and forms of ownership. The methods used included remote sensing (Sentinel Hub EO Browser), visual interpretation of satellite images, and calculation of the NDVI vegetation index to classify the state of the plantations. A vector map of the shelterbelt forest strips location was created in the QGIS environment. It was found that out of 300 strips with a total length of 412.6 km, only 113 are in good condition. A significant number (133) require restoration, and 54 strips have completely lost their functionality. The analysis of distribution by forms of ownership showed a dominance of privately owned agricultural lands (52.49 %) and a high proportion of plots with undetermined ownership (13.33 %), which complicates management and restoration efforts. Based on the data obtained, practical recommendations for optimizing the SFS network were developed, including measures for restoration, clarification of the legal status of lands, and enhancement of public-private partnership. The necessity of using GIS technologies for monitoring and planning agroforestry measures in the context of climate change is emphasized.

**Keywords:** shelterbelt forest strips, geoinformation analysis, monitoring, GIS, land cadastre, forms of ownership, restoration of plantations

**For citation:** Bogomazov S. V., Efremova E. V., Tkachuk O. A., Lyandenburskaya A. V., Kozlov M. S. Geoinformation analysis and assessment of the state of shelterbelts. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):34–40. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.005> (In Russ.).

В настоящее время мониторинг в комплексе с ГИС-технологиями применяется для выявления состояния агроландшафтов. Анализ современного состояния защитных лесных насаждений, анализ динамики деградационных процессов являются основными задачами, выполнение которых создаст условия для устойчивого состояния агролесоландшафтов. Так, в связи с отсутствием лесовосстановительных работ и влиянием климатических условий сохранность полевых защитных лесных полос (ПЛП) значительно снизилась. К снижению защитного эффекта приводит отсутствие собственников на земельные участки под полезащитными лесными насаждениями. Большинство сельскохозяйственных предприятий отчуждают данный вид угодий из структуры земельного фонда [1, 6, 12, 13]. Отсюда возникает закономерный вопрос: кому же принадлежат лесополосы и земельные участки под ними? Значительная часть таких земельных участков до сих пор не поставлена на кадастровый учет, право собственности не зарегистрировано. Как следует из содержания ст. 16 ЗК РФ, земли, не находящиеся в собственности граждан, юридических лиц или муниципальных образований, являются государственной собственностью. Следовательно, земли с расположенными на них защитными лесными насаждениями продолжают находиться в собственности государства. Тем не менее право государственной собственности на значительную их часть по-прежнему остается неразграниченным [2–5, 7, 9, 13].

Целью исследований являлся геоинформационный анализ ПЛП Мокшанского района Пензенской области для определения их состояния.

Для выполнения работ использовались данные дистанционного зондирования ресурса Sentinel Hub EO Browser. Для оценки состояния растительного покрова использовался метод визуального дешифрирования космоснимков в видимом диапазоне спектра и определение вегетационного индекса NDVI. Определялась зависимость индекса NDVI от состояния растительного покрова по следующей шкале, разработанной учеными Уральского государственного лесотехнического университета. Технология создания векторной карты осуществлялась в среде QGIS [8, 11].

Создание векторных карт ПЛП является важным инструментом для мониторинга, планирования и эффективного управления агролесомелиоративными системами. Ключевыми аргументами в пользу их разработки являются:

- точность и детализация пространственных данных (векторные карты позволяют точно отображать местоположение, конфигурацию и состояние лесных полос, что критически важно для оценки их защитных функций. В отличие от растровых изображений, векторные данные обеспечивают четкие границы объектов и возможность их редактирования);
- анализ эффективности полезащитных насаждений: на основе векторных карт можно проводить пространственный анализ, оценивая влияние лесных полос на микроклимат, сохранение влаги, предотвращение ветровой эрозии и повышение урожайности сельхозугодий. Это помогает выявлять участки, требующие восстановления или оптимизации;
- планирование агролесомелиоративных мероприятий: векторные карты служат основой для проектирования новых лесных полос и корректировки существующих. Они позволяют моделировать оптимальное размещение насаждений с учетом рельефа, почвенного покрова и направлений господствующих ветров;
- интеграция с ГИС и системами мониторинга: векторные данные совместимы с ГИС, что упрощает их использование для автоматизированного анализа, прогнозирования и принятия управленческих решений. Это особенно важно для крупных сельскохозяйственных предприятий и государственных программ;
- контроль состояния и учет лесных полос: векторные карты позволяют вести базу данных по возрасту, породному составу и санитарному состоянию насаждений. Это помогает своевременно выявлять деградирующие участки и планировать лесовосстановительные работы;
- поддержка экологических и климатических программ: полезащитные лесные полосы играют важную роль в адаптации сельского хозяйства к изменению климата. Векторные карты помогают оценивать их вклад в углеродный баланс и биоразнообразии, что актуально для выполнения международных экологических обязательств;
- оперативное обновление и доступность данных: векторные форматы позволяют легко вносить изменения, что важно при мониторинге динамики лесных полос. Кроме того, такие карты могут быть интегрированы в мобильные приложения для использования агрономами и лесничими в полевых условиях [2, 7, 15].

В процессе выполнения работы была составлена тематическая карта расположения полезащитных лесных полос (рис. 1).

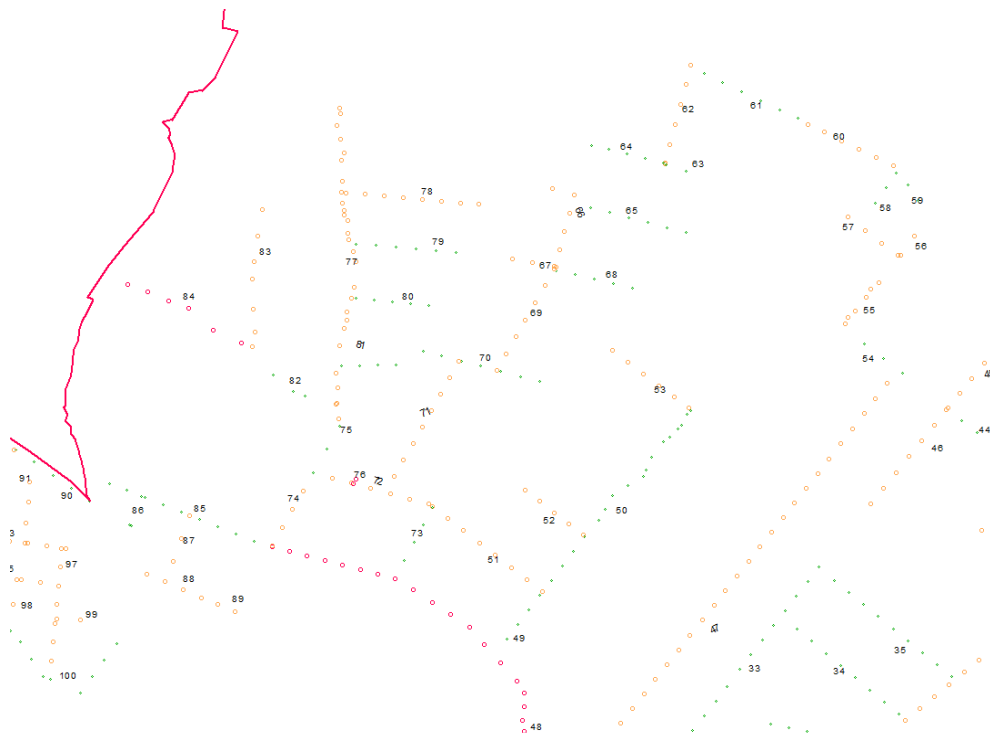


Рисунок 1 – Фрагмент векторной карты расположения полезащитных лесных полос

По результатам камеральной векторизации ПЛП на территории Мокшанского района установлено, что их количество составило 300 шт., а протяженность – 412 648 м.

Проводя оценку состояния, необходимо отметить, что 113 лесных полос протяженностью 144 604 м находятся в хорошем состоянии (лесные полосы не требуют мероприятий по восстановлению). 133 лесные полосы протяженностью 198 959 м находятся в удовлетворительном состоянии (частично утратившие функциональность, требуют восстановления). 54 лесные полосы протяженностью 69 085 м находятся в угнетенном состоянии (в основном или полностью утратившие функциональность) (рис. 2).



а



б



в

Рисунок 2 – Примеры оценки состояния лесных полос методом визуального дешифрирования:  
а – хорошее (лесные полосы не требуют мероприятий по восстановлению); б – удовлетворительное (частично утратившие функциональность, требуют восстановления); в угнетенное – (в основном или полностью утратившие функциональность)

Полезащитные лесные полосы являются важным элементом агроландшафта, выполняющим средообразующие, почвозащитные и климаторегулирующие функции. Их эффективное использование и содержание во многом зависят от формы собственности, под которую они закреплены. Распределение ПЛП между государственной, муниципальной и частной собственностью должно основываться на следующих принципах:

1. Государственная собственность.

Крупные межхозяйственные и водораздельные лесополосы должны оставаться в ведении государства, так как они имеют стратегическое значение для защиты обширных территорий от эрозии, засух и пыльных бурь.

Лесополосы вдоль федеральных и региональных автомобильных и железных дорог – их содержание требует централизованного финансирования и контроля.

Особо ценные защитные насаждения, созданные в рамках госпрограмм (например, в составе «Зеленого пояса» или водоохраных зон).

2. Муниципальная собственность.

Лесополосы, расположенные на землях сельских поселений, могут передаваться в управление местным властям, так как они непосредственно влияют на экологию и сельхозугодья муниципалитета.

ПЛП, созданные в рамках местных программ мелиорации – если их обслуживание финансируется из местного бюджета.

Насаждения, примыкающие к социальной инфраструктуре (школы, больницы, парки).

3. Частная собственность.

Лесополосы, расположенные в границах земельных участков сельхозназначения, могут закрепляться за собственниками или арендаторами земель.

ПЛП, созданные фермерами за свой счет, должны оставаться в их владении с правом ухода и использования (например, для щадящей заготовки древесины).

Агроресомелиоративные системы в составе крупных агрохолдингов – если компании готовы брать на себя обязательства по их сохранению.

4. Коллективно-долевая собственность (СНТ, кооперативы).

Лесополосы на землях садоводческих товариществ и сельскохозяйственных кооперативов могут находиться в совместном управлении членов объединений.

Таблица – Площадь полезационных лесных полос и их распределение по категориям и формам собственности, га

Форма собственности	Категория земель	Площадь, га	% от общей площади
Муниципальная	Земли с.-х. назначения	5,110	2,54
	Земли населенных пунктов	0,552	0,27
Частная	Земли с.-х. назначения	105,4895	52,49
Отсутствует информация	Земли промышленности	1,686	0,84
	Земли населенных пунктов	2,983	1,48
	Земли с.-х. назначения	52,6625	26,20
	Отсутствует информация	26,7910	13,33
Итого		200,986	100,00

Анализ данных таблицы, отражающей площадь защитных лесных полос и их распределение по категориям земель и формам собственности в Мокшанском районе Пензенской области, позволяет сделать ряд важных выводов. Общая площадь защитных лесных полос составляет 200,986 га, при этом наибольшая доля приходится на частную собственность (52,49 %), что связано с преобладанием земель сельскохозяйственного назначения (105,4895 га). Это свидетельствует о значительной роли частного сектора в сохранении и использовании лесных ресурсов района. Государственная федеральная собственность занимает лишь небольшую часть (2,13 %), что подчеркивает ограниченное участие федеральных властей в управлении этими землями. Муниципальная собственность представлена 2,81 % площади, что указывает на умеренную активность местных органов власти в этом вопросе. Особого внимания заслуживает категория земель с отсутствующей информацией о собственности (13,33 %), что может быть связано с неполнотой данных или неучтенными участками. Земли сельскохозяйственного назначения доминируют среди всех категорий (79,34 %), что соответствует аграрной специализации Мокшанского района. Значительная площадь защитных лесных полос на этих землях (105,4895 га в частной собственности и 52,6625 га с неуточненной собственностью) подчеркивает их важность для защиты почв от эрозии и улучшения микроклимата. В то же время земли населенных пунктов и промышленности занимают незначительные доли (2,05 % и 2,73 % соответственно), что отражает их второстепенную роль в структуре защитных лесных насаждений. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации управления лесными ресурсами, уточнения информации о собственности и разработки мер по усилению защиты земель сельскохозяйственного назначения. Необходимо также обратить внимание на заполнение пробелов в данных, особенно в категориях с отсутствующей информацией, чтобы обеспечить более точный учет и планирование.

На основании анализа данных о состоянии полезационных лесных полос в Мокшанском районе Пензенской области, а также их распределения по формам собственности и категориям земель, можно сформулировать следующие рекомендации по восстановлению и оптимизации сети насаждений. Прежде всего необходимо уделить особое внимание лесным полосам, находящимся в удовлетворительном и угнетенном состоянии, которые составляют значительную часть от общего количества (133 и 54 полосы соответственно). Их протяженность (198 959 м и 69 085 м) указывает на масштабность проблемы, требующей срочных мер. Для полос в удовлетворительном состоянии рекомендуется проведение санитарных рубок, посадки новых деревьев и кустарников, а также усиление контроля за их состоянием со стороны местных органов власти и собственников земель. Угнетенные лесные полосы, особенно те, что полностью утратили функциональность, нуждаются в полном восстановлении, включая расчистку территории, посадку устойчивых к местным условиям пород деревьев и организацию регулярного ухода. Учитывая, что большая часть лесных полос расположена на землях сельскохозяйственного назначения (79,34 % от общей площади), важно вовлекать частных собственников и арендаторов в программы восстановления, предоставляя им финансовые и технические стимулы, такие как субсидии, налоговые льготы или бесплатный посадочный материал. Для лесных полос с отсутствующей информацией о собственности (13,33 % площади) необходимо провести инвентаризацию и уточнение правового статуса, чтобы обеспечить их включение в программы восстановления и дальнейшего мониторинга. Государственные и муниципальные органы должны усилить координацию с частными землепользователями, разработав совместные планы по оптимизации сети насаждений, учитывая при этом направления господствующих ветров и особенности рельефа. Внедрение современных технологий, таких как ГИС-мониторинг и дистанционное зондирование, позволит оперативно выявлять проблемные участки и оценивать эффективность восстановительных мероприятий. Особое внимание следует уделить лесным полосам, выполняющим стратегические функции, таким как межхозяйственные и водораздельные, которые должны оставаться в государственной собственности для обеспечения их долгосрочной защиты. Для муниципальных лесных полос, особенно расположенных вблизи социальной инфраструктуры, рекомендуется разработать местные программы по их содержанию с привлечением общественности и экологических организаций.

Важно также учитывать климатические изменения и адаптировать состав насаждений к новым условиям, выбирая засухоустойчивые и ветроустойчивые породы деревьев. Реализация этих мер позволит не только восстановить функциональность полей защитных лесных полос, но и повысить их вклад в борьбу с эрозией почв, улучшение микроклимата и увеличение продуктивности сельскохозяйственных угодий, что особенно актуально для аграрного Мокшанского района. Для достижения наилучших результатов необходимо обеспечить долгосрочное финансирование восстановительных работ, а также регулярный мониторинг и оценку их эффективности с привлечением научных учреждений и экспертов в области агролесомелиорации.

#### Список литературы

1. Volodkin A., S. Bogomazov, A. Sherbakov et al. Geoinformation analysis of the current state of the protective forest belt on the territory of the Volga Upland / A. Volodkin, // *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022. Vol. 65, № 1. P. 741–746. EDN RRSUGC.
2. Безуглова О. С., Жумбей А. И., Литвинов Ю. А., Меженков А. А. Мониторинг состояния лесных полос с применением ГИС и данных дистанционного зондирования // *Проблемы плодородия почв в современном земледелии*. Красноярск: Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 393–396. DOI: 10.52686/9785605087878\_393.
3. Денисова Е. В. Использование ГИС-технологий для создания локальной геоинформационной системы учета орошаемых угодий // *Исследование Земли из космоса*. 2022. № 4. С. 86–96. DOI: 10.31857/S0205961422030046. EDN NAWDJS.
4. Деревенец Д. К., Забара В. В. Техно-экономическая эффективность применения ГИС-технологий при оценке состояния полей защитных лесных полос // *Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Курск, 03–04 декабря 2020 года*. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова, 2020. Т. 3. С. 154–160. EDN AVHSXP.
5. Земельный кодекс Российской Федерации: федер. закон от 25 окт. 2001 г. № 136-ФЗ (ред. от [актуальная дата]) // *КонсультантПлюс*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773).
6. Богомазов С. В., Балакирева О. С., Ефремова Е. В. и др. Инвентаризация защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения // *Нива Поволжья*. 2019. № 4 (53). С. 73–78. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.011. EDN JMLVDE.
7. Ишамятова И. Х., Богомазов С. В., Солодков Н. Н. и др. Информационное обеспечение и эколого-экономическая оценка в системе мероприятий агроландшафтного землеустройства. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. 191 с. EDN ISEAVE.
8. Кошелев А. В., Шатровская М. О. Агролесомелиоративная оценка защитных лесных насаждений с применением дистанционных данных и геоинформационных технологий // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. 2022. Т. 28, № 2. С. 871–884. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-871-884. EDN EDAVHS.
9. Лесной кодекс Российской Федерации: федер. закон от 4 дек. 2006 г. № 200-ФЗ (ред. от [актуальная дата]) // *КонсультантПлюс*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299).
10. О развитии сельского хозяйства: федеральный закон от 29 дек. 2006 г. № 264-ФЗ (ред. от [актуальная дата]) // *КонсультантПлюс*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64302](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64302).
11. Оплетаяев А. С., Жигулин Е. В., Косов В. А. Использование вегетационного индекса NDVI для оценки состояния лесных насаждений на нарушенных землях // *Леса России и хозяйство в них*. 2019. № 3 (70). С. 15–23.
12. Богомазов С. В., Ефремова Е. В., Ткачук О. А. и др. Роль геоинформационных технологий в мониторинге земель сельскохозяйственного назначения // *Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства*. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 79–96. EDN KZHJSX.
13. Силова В. А. Геоинформационный анализ обустройства агролесоландшафтов // *Успехи современного естествознания*. 2019. № 10. С. 18–22. DOI: 10.17513/use.37208. EDN SIZNNO.
14. Щербakov А. С., Богомазов С. В., Солодков Н. Н., Калабушев А. Н. Экономический эффект мелиоративного влияния полей защитных лесных полос // *Нива Поволжья*. 2024. № 4 (72). DOI: 10.36461/NP.2024.72.4.026. EDN SAQMLL.
15. Федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП) // *Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ*. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru>.
16. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области (Пензстат). URL: <https://pnz.gks.ru>.

#### References

1. Volodkin A., Bogomazov S., Sherbakov A. et al. Geoinformation analysis of the current state of the protective forest belt on the territory of the Volga Upland. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2022;65;1:741–746. EDN RRSUGC.
2. Bezuglova O. S., Zhumbey A. I., Litvinov Yu. A., Mezhenkov A. A. Monitoring the State of Forest Belts Using GIS and Remote Sensing Data. *Problems of Soil Fertility in Modern Agriculture*. Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – a Separate Division of the Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences». 2024 : 393–396. DOI: 10.52686/9785605087878\_393 (In Russ.).
3. Denisova E. V. The Use of GIS Technologies for Creating a Local Geoinformation System for Accounting Irrigated Lands. *Earth Research from Space*. 2022;4:86–96. DOI: 10.31857/S0205961422030046 (In Russ.).

4. Derevenets D. K., Zabara V. V. Technical and Economic Efficiency of GIS Technology Application in Assessing the State of Shelterbelt Forest Strips. *Youth Science for the Development of the Agro-Industrial Complex: Materials of the All-Russian (National) Scientific-Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, Kursk, December 03–04, 2020*. Kursk: Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov, 2020;3:154–160 (In Russ.).
5. Land Code of the Russian Federation: Federal Law № 136-FZ of October 25, 2001 (as amended on [current date]). *ConsultantPlus*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773) (In Russ.).
6. Bogomazov S. V., Balakireva O. S., Efremova E. V. et al. Inventory of Protective Forest Plantations on Agricultural Lands. *Niva Povolzhya*. 2019;4(53): 3–78. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.011 (In Russ.).
7. Ishamyatova I. Kh., Bogomazov S. V., Solodkov N. N. et al. *Information Support and Ecological-Economic Assessment in the System of Agro-Landscape Land Management Measures*. Penza: Penza State Agrarian University; 2023:191 (In Russ.).
8. Koshelev A. V., Shatrovskaya M. O. Agroforestry Assessment of Protective Forest Plantations Using Remote Sensing Data and Geoinformation Technologies. *InterCarto. InterGIS*. 2022;28(2):871–884. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-871-884 (In Russ.).
9. Forest Code of the Russian Federation: Federal Law № 200-FZ of December 4, 2006 (as amended on [current date]). *ConsultantPlus*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299) (In Russ.).
10. On the Development of Agriculture: Federal Law № 264-FZ of December 29, 2006 (as amended on [current date]). *ConsultantPlus*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64302](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64302) (In Russ.).
11. Opletaev A. S., Zhigulin E. V., Kosov V. A. The Use of the NDVI Vegetation Index for Assessing the State of Forest Plantations on Disturbed Lands. *Forests of Russia and Management in Them*. 2019;3(70):15–23 (In Russ.).
12. Bogomazov S. V., Efremova E. V., Tkachuk O. A. et al. The Role of Geoinformation Technologies in Monitoring Agricultural Lands. *Problems and Prospects for the Development of Agro-Industrial Production*. Penza: Penza State Agrarian University. 2020:76–96 (In Russ.).
13. Silova V.A. Geoinformation Analysis of Agroforestry Landscape Development. *Advances in Current Natural Sciences*. 2019;10:18–22. DOI: 10.17513/use.37208 (In Russ.).
14. Shcherbakov A. S., Bogomazov S. V., Solodkov N. N., Kalabushev A. N. Economic Effect of the Reclamative Influence of Field-Protective Forest Strips. *Niva Povolzhya*; 2024:4(72). DOI: 10.36461/NP.2024.72.4.026 (In Russ.).
15. *Federal State Information System for Territorial Planning (FGIS TP)*. Ministry of Construction, Housing and Utilities of the Russian Federation. URL: <https://fgistp.economy.gov.ru> (In Russ.).
16. *Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Penza Region (Penzastat)*. URL: <https://pnz.gks.ru> (In Russ.).

#### Информация об авторах

Богомазов С. В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
Ефремова Е. В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
Ткачук О. А. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
Лянденбургская А. В. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
Козлов М. С. – магистр.

#### Information about the authors

Bogomazov S. V. – Candidate of Sciences (Agricultural), Associate Professor;  
Efremova E. V. – Candidate of Sciences (Agricultural), Associate Professor;  
Tkachuk O. A. – Candidate of Sciences (Agricultural), Associate Professor;  
Lyandenburskaya A. V. – Candidate of Sciences (Agricultural), Associate Professor;  
Kozlov M. S. – Master.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.09.2025; одобрена после рецензирования 16.10.2025; принята к публикации 07.11.2025.

The article was submitted 22.09.2025; approved after reviewing 16.10.2025; accepted for publication 07.11.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 41–47.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):41–47 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 634  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.006>

## ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САДОПРИГОДНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРИМОРСКО-АХТАРСКОМ РАЙОНЕ

Макаренко Елизавета Юрьевна<sup>1</sup>✉, Шульжевский Илья Сергеевич<sup>2</sup>, Барсукова Галина Николаевна<sup>3</sup>, Перов Александр Юрьевич<sup>4</sup>

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

<sup>1</sup>[natalia.makaren@yandex.ru](mailto:natalia.makaren@yandex.ru) ✉

<sup>2</sup>[Ilya1245335@gmail.com](mailto:Ilya1245335@gmail.com)

<sup>3</sup>[galinakgau@yandex.ru](mailto:galinakgau@yandex.ru)

<sup>4</sup>[flick-media@yandex.ru](mailto:flick-media@yandex.ru)

**Аннотация.** Данная статья посвящена обоснованию эффективности использования садопригодных земель в Приморско-Ахтарском районе, уделяя особое внимание землям, отведенным под данную отрасль. В статье представлен земельный участок, отведенный под закладку сада. Исходя из этого, была произведена оценка финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта по закладке яблочного сада, рассчитаны 2 способа технологии орошения и выявлен наиболее рациональный с экономической точки зрения метод, рассчитана экономическая эффективность капитальных вложений по двум вариантам закладки сада, а также произведен расчет инвестиционного проекта для закладки сада. Сделан вывод о том, что успех рассматриваемой отрасли зависит от внедрения передовых технологий, таких как системы капельного орошения. Кроме того, необходимо уделять внимание подготовке квалифицированных кадров, способных эффективно управлять современными садоводческими хозяйствами. Развитие садоводства способствует созданию новых рабочих мест, увеличению доходов населения и укреплению продовольственной безопасности региона.

**Ключевые слова:** садоводство, земли, пригодные для садоводства, Приморско-Ахтарский район, земельный участок, закладка сада, капитальные вложения, капельное орошение, без орошения, экономическая эффективность

**Для цитирования:** Макаренко Е. Ю., Шульжевский И. С., Барсукова Г. Н., Перов А. Ю. Обоснование эффективности использования садопригодных земель в Приморско-Ахтарском районе // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 41–47. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.006>.

## JUSTIFICATION OF THE EFFICIENCY OF USING GARDEN-SUITABLE LANDS IN THE PRIMORSKO-AKHTARSKIY DISTRICT

Elizaveta Yu. Makarenko<sup>1</sup>, Ilya S. Shulzhevsky<sup>2</sup>, Galina N. Barsukova<sup>3</sup>, Alexander Yu. Perov<sup>4</sup>  
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

<sup>1</sup>[natalia.makaren@yandex.ru](mailto:natalia.makaren@yandex.ru)

<sup>2</sup>[Ilya1245335@gmail.com](mailto:Ilya1245335@gmail.com)

<sup>3</sup>[galinakgau@yandex.ru](mailto:galinakgau@yandex.ru)

<sup>4</sup>[flick-media@yandex.ru](mailto:flick-media@yandex.ru)

**Abstract.** This article is devoted to the substantiation of the efficiency of using horticultural lands in the Primorsko-Akhtarsky district, paying special attention to the lands allocated for this industry. The article presents a land plot allocated for planting an orchard, based on which an assessment of the financial and economic efficiency of the investment project for planting an apple orchard was made, 2 methods of irrigation technology were calculated and the most rational method from an economic point of view was identified, the economic efficiency of capital investments for two options for planting an orchard was calculated, and an investment project for planting an orchard was calculated. It is concluded that the success of the industry in question depends on the introduction of advanced technologies, such as drip irrigation systems, in addition, it is necessary to pay attention to the training of qualified personnel capable of effectively managing modern horticultural farms. The development of horticulture contributes to the creation of new jobs, an increase in the population's income and strengthening food security in the region.

**Keywords:** gardening, lands suitable for gardening, Primorsko-Akhtarsky district, land plot, garden laying, capital additions, drip irrigation, without irrigation, economic efficiency

**For citation:** Makarenko E. Yu., Shulzhevsky I. S., Barsukova G. N., Perov A. Yu. Justification of the efficiency of using gardenable lands in the Primorsko-Akhtarsky district. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):41–47. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.006> (In Russ.).

### **Введение**

Земли, пригодные для садоводства, имеют определяющее значение для аграрного сектора, гарантируя продовольственную независимость и стимулируя стабильный экономический рост территории. В контексте общемировых климатических изменений и возрастающей потребности в пищевых продуктах, рациональное распоряжение земельными ресурсами приобретает перво-степенное значение.

Первостепенно необходимо учитывать, что земли, предназначенные для садоводства, должны отвечать ряду агрономических требований. Ключевыми среди них являются почвенный состав и структура, показатели плодородия, кислотность, содержание органики и степень увлажнения [8].

Рельеф местности также играет значительную роль в определении пригодности земель для садоводства. В низинах, где почвы подвержены затоплению, избыток влаги может негативно влиять на корневую систему растений. На склонах холмов, в свою очередь, может возникнуть проблема с равномерным распределением влаги и питательных веществ, что также сказывается на росте растений [10].

Расположенный вблизи Кавказских гор Приморско-Ахтарский район имеет естественную северную границу, которая служит защитой от проникновения арктических воздушных масс. Благодаря этому географическому положению и непосредственной близости к морю, районы особенно благоприятны для развития садоводства и выращивания плодовых культур [4].

Приморско-Ахтарский район характеризуется преимущественно ровным рельефом, что создает благоприятные условия для использования сельскохозяйственной техники и интенсификации садоводческих работ. Преобладающими типами почв в Приморско-Ахтарском районе являются черноземы обыкновенные и южные, а также лугово-черноземные почвы, что является важным аспектом для эффективного садоводства [9].

Интенсивной солнечной инсоляцией отличается Приморско-Ахтарский район, что играет существенную роль в обеспечении энергией фотосинтеза растений. Важно подчеркнуть, что местные климатические особенности создают благоприятные условия для культивирования широкого спектра плодовых культур, таких как яблоки, груши, сливы, а также ягодных растений [6].

Наибольшую площадь в районе занимают черноземы. Для успешного садоводства необходимо, чтобы черноземы отвечали определенным критериям. Глубина гумусового горизонта должна быть достаточной для развития корневой системы, как правило, не менее 80–100 см. Важным показателем является содержание гумуса, определяющее плодородие почвы. Оптимальным считается содержание гумуса в пределах 4–6 %. Для большинства плодовых культур предпочтительно легко- и среднесуглинистые почвы, обладающие хорошей водо- и воздухопроницаемостью.

В период становления Приморско-Ахтарского района в качестве сельскохозяйственного центра в начале двадцатого столетия садоводство базировалось преимущественно на культивировании аборигенных видов плодовых и ягодных растений [7].

Современное состояние земель, пригодных для садоводства в Приморско-Ахтарском районе, характеризуются обширными территориями, но также и комплексом вопросов, касающихся их рационального применения. В настоящее время значительная часть этих земель не используется в соответствии с целевым назначением или эксплуатируется не в полной мере, что влечет за собой ухудшение качества почв и падение их производительности.

Возможности садопригодных земель для подъема сельскохозяйственной отрасли в Приморско-Ахтарском районе весьма значительны. За счет благоприятных климатических условий и разнообразия типов почв район обладает всеми предпосылками для успешного культивирования различных садовых растений. Однако для реализации этих возможностей необходимо принимать во внимание как агротехнические, так и экономические аспекты. Существенное значение имеет проведение углубленного анализа, позволяющего определить наиболее перспективные пути для развития садоводства в данном регионе.

### **Цель, задачи, материалы и методы исследования**

**Цель исследования:** выявление целесообразности применения земель, пригодных для садоводства в Приморско-Ахтарском районе.

Для достижения цели были определены следующие задачи:

- изучить методологическое обоснование создания садопригодных земель в Приморско-Ахтарском районе;
- исследовать земельный участок в Приморско-Ахтарском районе, отведенный под садоводство на основе НСПД;
- отобразить ожидаемую урожайность яблоневого сада в Приморско-Ахтарском районе с 2026 по 2032 г.;
- рассчитать капитальные вложения по двум технологиям орошения;

- произвести экономическую эффективность капитальных вложений по двум вариантам закладки сада;
- рассчитать инвестиционный проект для закладки сада.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Садоводство как значимая составляющая аграрного сектора играет существенную роль в экономике и общественной жизни многих регионов Российской Федерации. Приморско-Ахтарский район, расположенный на берегу Азовского моря в Краснодарском крае, не является исключением. Этот регион характеризуется уникальными природными условиями, способствующими развитию садоводства и обеспечивающими высокую продуктивность различных культур. За последние десятилетия садоводческая отрасль в Приморско-Ахтарском районе претерпела заметные изменения, обусловленные как внутренними, так и внешними факторами.

Современное состояние садоводства в Приморско-Ахтарском районе отличается разнообразием выращиваемых культур и организационных форм производства. Местные аграрии активно применяют передовые агротехнические методы, что способствует увеличению урожайности и улучшению качества продукции. Тем не менее, несмотря на позитивные тенденции, отрасль сталкивается с рядом проблем, таких как ограниченность финансовых ресурсов, недостаток квалифицированных специалистов и потребность в модернизации инфраструктуры. Эти проблемы требуют комплексного подхода и внимания как со стороны государственных органов, так и самих садоводов.

Климатические особенности и почвенный состав Приморско-Ахтарского района имеют решающее значение для развития садоводства. Умеренно-континентальный климат с мягкой зимой и теплым летом создает благоприятные условия для выращивания большинства садовых культур. Однако существуют и ограничения, связанные с недостаточным количеством осадков в отдельные периоды и возможными весенними заморозками. Почвы района, представленные преимущественно черноземами и каштановыми почвами, обладают хорошими агрохимическими свойствами, но требуют систематического внесения удобрений и соблюдения агротехнических норм для поддержания плодородия.

Развиваемые в Приморско-Ахтарском районе виды садоводства разнообразны и включают как традиционные, так и инновационные направления. Местные садоводы выращивают как плодовые, так и ягодные культуры, а также овощи. В последние годы отмечается рост интереса к органическому садоводству, что связано с увеличением спроса на экологически чистую продукцию. Несмотря на разнообразие культивируемых растений, рынок садоводческой продукции в регионе характеризуется высокой конкуренцией, и садоводам необходимо постоянно адаптироваться к изменяющимся условиям [7].

Проблемы и вызовы, с которыми сталкивается садоводство в Приморско-Ахтарском районе, обусловлены сочетанием различных факторов. К ним относятся климатические изменения, оказывающие влияние на урожайность, а также экономические трудности, связанные с доступом к финансовым ресурсам и рынка сбыта. Кроме того, недостаток информации о современных агротехнических приемах и новых технологиях также затрудняет развитие отрасли. Для решения этих проблем необходимы скоординированные усилия всех заинтересованных сторон, включая местные органы власти, образовательные учреждения и самих садоводов.

Важным показателем для ведения садоводства являются показатели заморозок, а именно в Приморско-Ахтарском районе период отрицательных температур, как правило, начинается в конце октября-начале ноября и продолжается до середины апреля. Для минимизации ущерба от заморозков необходимо использовать разнообразные методы, включая подбор морозостойких видов, создание дымов завес и орошение.

В Приморско-Ахтарском районе имеются обширные площади, подходящие для интенсивного садоводства, что открывает широкие перспективы для развития аграрного сектора. Анализ показывает, что оптимизация агротехнических методов и внедрение передовых сельскохозяйственных технологий позволяет не только существенно нарастить объемы производства плодовой продукции, но и значительно улучшить ее потребительские характеристики.

Активное развитие садоводства способно стать ключевым фактором, стимулирующим экономический подъем данного региона, обеспечивая создание новых рабочих мест и повышение благосостояния жителей. Тем не менее для полной реализации имеющегося потенциала необходимо принять меры по устранению ряда препятствий и проблем, сдерживающих развитие отрасли.

Для расчета закладки сада в Приморско-Ахтарском районе возьмем многоконтурный земельный участок с кадастровым номером 23:25:000000:2194 (рис. 1).

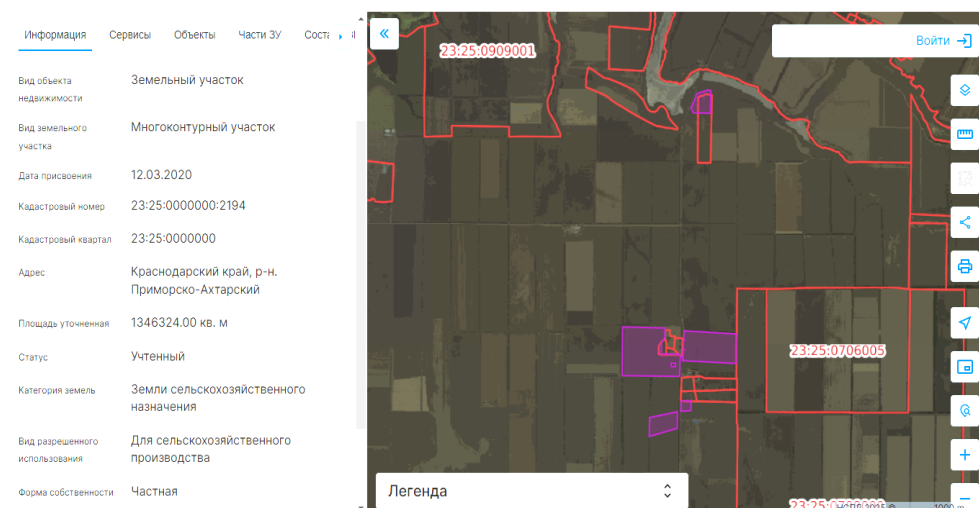


Рисунок 1 – Фрагмент земельного участка с кадастровым номером 23:25:0000000:2194 для закладки сада в Приморско-Ахтарском районе (портал «НСПД») [6]

Выбранный земельный участок для закладки сада составляет 19 га (рис. 2).

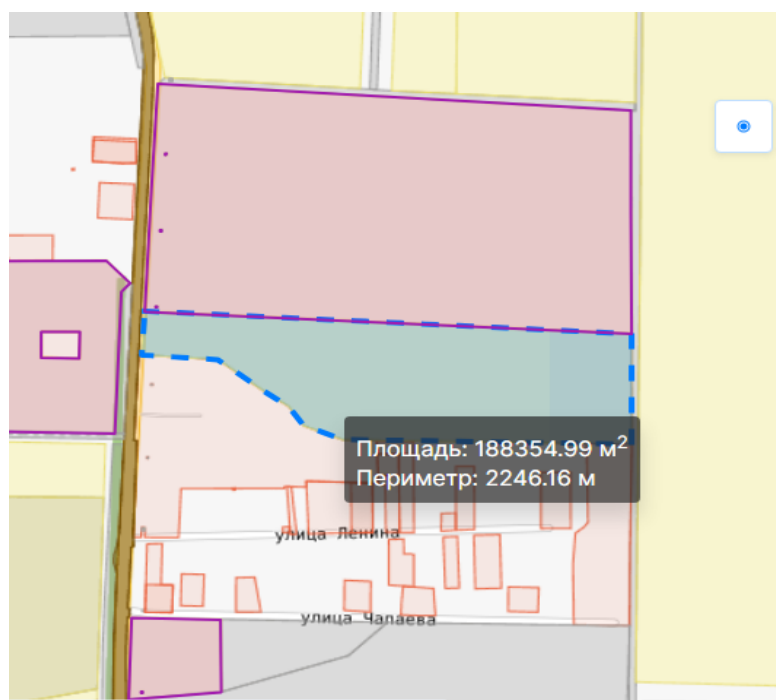


Рисунок 2 – Фрагмент земельного участка с кадастровым номером 23:25:0000000:2194 для закладки сада в Приморско-Ахтарском районе (портал «НСПД») [6]

Была произведена оценка финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта по закладке яблочного сада площадью 19 га, с ожидаемой урожайностью – 50 т/га.

При закладке интенсивного яблоневого сада сбор урожая возможен со 2 года. Ниже приведена таблица планируемой урожайности на ближайшие 7 лет (табл. 1).

Из таблицы 1 видим тенденцию увеличения будущей урожайности в период с 2026 по 2028 г. из-за интенсивного роста сада, что способствует увеличению урожая с 1 га, а с 2029 по 2032 г. ожидается стабильный урожай яблок в размере 50 тонн с 1 га.

Таблица 1 – Ожидаемая урожайность яблоневого сада в Приморско-Ахтарском районе, т/га

Год	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Урожайность, т/га	15	30	43	50	50	50	50
Урожайность полная, т	285	570	817	950	950	950	950
Прибыль от реализации, тыс. руб.	17 100	34 200	49 020	57 000	57 000	57 000	57 000
Себестоимость 1 т, тыс. руб.	42	42	42	42	42	42	42
Себестоимость, тыс. руб.	11 970	23 940	34 314	39 900	39 900	39 900	39 900
Чистая прибыль, тыс. руб.	5 130	10 260	14 706	17 100	17 100	17 100	17 100

Далее в таблице 2 представлено сопоставление технологий орошения, а именно капельного и традиционного, не использующего капли (табл. 2).

Таблица 2 – Капитальные вложения в закладку сада по вариантам в Приморско-Ахтарском районе на площади, тыс. руб.

Показатель	Технология	
	с капельным орошением	без орошения
Подготовка почвы к посадке, тыс. руб.	250	250
Закупка и транспортировка посадочного материала, млн тыс. руб.	14 250	14 250
Подготовка к посадке, тыс. руб.	150	150
Посадка саженцев, млн тыс. руб.	9 175	9 175
Докупка посадочного материала, тыс. руб.	250	250
Система орошения, млн тыс. руб.	10 127	1 520
Вспахивание и дискование междурядьев, тыс. руб.	141 845	141 845
Полив, тыс. руб.	380	380
Обработка препаратами, тыс. руб.	171 412	171 412
Внесение удобрений, млн тыс. руб.	3 000	3 452 742
Охрана территории сада, тыс. руб.	180	180
Урожайность, т/га, тыс. руб.	50	31
Валовый сбор, т, тыс. руб.	950	589
Капитальные вложения на 1 га, млн тыс. руб.	2 004	1 575
Капитальные вложения – всего, млн тыс. руб.	3 8075 257	29 920 999

При анализе таблицы 2 выявлено, что при закладке яблоневого сада с капельным орошением потребуется на 8 млн рублей больше, что превышает капитальные затраты на закладку сада без капельного орошения на 26,5 %. Однако при использовании капельного орошения валовый сбор урожая увеличивается на 19 т с 1 га, а урожайность выше на 34,5 %, чем без использования системы капельного орошения сада.

Обоснование экономической эффективности капитальных вложений представлено в таблице 3 [11].

Таблица 3 – Экономическая эффективность капитальных вложений по двум вариантам закладки сада [11]

Показатель	Технология	
	с капельным орошением	без орошения
Площадь насаждений, га	19,0	19,0
Урожайность, т/га	50,0	31,0
Валовый сбор, т	950,0	589,0
Капитальные вложения на 1 га, тыс. руб.	2 004,0	1 575,0
Капитальные вложения – всего, тыс. руб.	38 075,3	29 921,0
Стоимость валовой продукции:		
на 1 ц, тыс. руб.	6,0	6,0
всего, тыс. руб.	57 000,0	35 340,0
Производственные затраты:		
на 1 ц, тыс. руб.	4,1	3,7
всего, тыс. руб.	39 900,0	21 793,0
Чистый доход, тыс. руб.	17 100,0	13 547,0
Стоимость валовой продукции, руб.:		
на 1 руб. капитальных вложений	1,5	1,2
на 1 га плодоносящих насаждений, тыс. руб.	3 000	1 860
Чистый доход, руб.:		
на 1 руб. капитальных вложений	0,45	0,3
на 1 га плодоносящих насаждений, тыс. руб.	900	713
Срок окупаемости капиталовложений, лет	6,3	12,4
Уровень рентабельности производства, %	116,4	112,2

При закладке сада с использованием методов капельного орошения деревьев капитальные вложения на 1 га больше на 429 тыс. руб., но получаемый чистый доход больше 0,15 руб. на 1 руб. капитальных вложений, а также в 2 раза сократились сроки окупаемости проекта.

Таблица 4 – Расчет инвестиционного проекта для закладки сада

Показатель	Годы						
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
1. Инвестиции (капитальные вложения) всего, тыс. руб.	38 000	–	–	–	–	–	–
2. Чистая прибыль проекта, тыс. руб.	–	5 130	10 260	14 706	17 100	17 100	17 100
3. Коэффициент дисконтирования (ставка сравнения) $r = 20\%$	1,00	0,83	0,58	0,33	0,16	0,06	0,02
4. Дисконтированный поток	–	4 275	7 125	8 510,42	8 246,53	6 872,11	5 726,76
5. Чистый дисконтированный поток	–38 000	–33 725	–26 600	–18 089,58	–9 843,056	–2 970,949	2 755,806

Из таблицы 4 видно, что первоначальные затраты на закладку сада составят 38 млн руб. Использование современных сортов яблок и технологий выращивания позволит получать урожай уже со второго года реализации проекта, что существенно сократит сроки окупаемости проекта. Срок возврата денежных средств составит 6 лет, а прибыль он начнет приносить с 7 года.

#### **Выводы**

В Приморско-Ахтарском районе имеются обширные площади для интенсивного садоводства, что открывает широкие аспекты для развития аграрного сектора. Анализ показывает, что оптимизация агротехнических методов и внедрение передовых сельскохозяйственных технологий позволяет не только существенно нарастить объемы производства продукции, но и значительно улучшить ее потребительские характеристики.

Активное развитие садоводства способно стать ключевым фактором, стимулирующим экономический подъем данного региона.

Расчеты показали, что проект окупится через 6 лет. Размер капитальных вложений на закладку интенсивного яблоневого сада площадью 19,0 га с орошением составляет 38,0 млн руб., размер капитальных вложений на закладку без орошения – 29,9 млн. руб. За счет капельного орошения урожайность выше в 1,5 раза. Уровень рентабельности проекта составляет 116,4 %. Это указывает на то, что прибыльность проекта превосходит установленный порог, что позволяет квалифицировать его как удовлетворяющий необходимым критериям.

Расчеты выполнены с учетом средних показателей урожайности, уровня ежегодных производственных затрат, достигнутых в Приморско-Ахтарском районе за три последних года в отрасли производства яблок и фактических цен реализации на август 2024 г.

#### **Список литературы**

1. Барсукова Г. Н., Юрченко К. А., Деревенец Д. К. Современное землеустройство: учебник. Краснодар: Типография Кубанского государственного аграрного университета, 2023. 192 с.
2. Барсукова Г. Н., Юрченко К. А. Региональные особенности земельных ресурсов Краснодарского края // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. № 6 (185). С. 29–33.
3. Барсукова Г. Н., Яроцкая Е. В., Юрченко К. А. Управление земельными ресурсами. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2021. 288 с.
4. Буссель Е. В. Приморско-Ахтарский рыбопромышленный комплекс. Проблемы развития // Географические исследования Краснодарского края. 2008. С. 148–152.
5. Государственная программа «Национальная система пространственных данных». URL: <https://programs.economy.gov.ru/gp/-/subject/-/direction/8/gp/6/gpVersion/9930>.
6. Клепикова С. А. Виды туризма курортно-рекреационного комплекса Приморско-Ахтарского района и возможности их развития // Курортно-рекреационный комплекс в системе регионального развития: инновационные подходы. 2012. № 1. С. 119–123.
7. Коркина С. И. Горно-предгорные районы и города Краснодарского края: экономико-географические и социально-демографические факторы развития: диссертация. Краснодар: Кубан. гос. ун-т, 2004.
8. Краюшкина Н. С., Дадько В. И. Отбор садопригодных земель под плодовые сады в условиях северо-западного региона России: методические рекомендации. Санкт-Петербург: ИАЭП, 2016. 52 с.
9. Кумпан В. О., Бугаец Н. А. Приморско-Ахтарский район-место отдыха для всех возрастов и благосостояний // Тенденции развития туризма и гостеприимства в России. 2020. С. 154–158.

10. Неведов В. В. Методика выбора земель под закладку плантаций смородины черной // *АгроЭко-Инженерия*. 2016. № 89. С. 87–96.
11. Барсукова Г. Н., Деревенец Д. К. Экономика землеустройства: учебное пособие. 2-е изд., исправ. и доп. Краснодар: КубГАУ, 2021. 240 с.

#### References

1. Barsukova G. N., Yurchenko K. A., Derevenets D. K. *Modern land management: textbook*. Krasnodar: Printing house of the Kuban State Agrarian University; 2023:192.
2. Barsukova G. N., Yurchenko K. A. Regional features of land resources of the Krasnodar Territory. *Land Management, Cadaster and Land Monitoring*. 2020;6(185):29–33.
3. Barsukova G. N., Yarotskaya E. V., Yurchenko K. A. *Land resources management*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 2021:288.
4. Bussel E. V. Primorsko-Akhtarsky fishing complex. Development issues. *Geographical Researches of Krasnodar Krai*; 2008:148–152.
5. *State program «National system of spatial data»*. URL: <https://programs.economy.gov.ru/gp/-/subject/-/direction/8/gp/6/gpVersion/9930>.
6. Klepikova S. A. Types of tourism of the resort and recreational complex of Primorsko-Akhtarsky district and possibilities for their development. *Resort and recreational complex in the system of regional development: innovative approaches*. 2012;1:119–123.
7. Korkina S. I. *Mountainous and foothill regions and cities of the Krasnodar Territory: economic-geographical and socio-demographic factors of development*: dissertation. Krasnodar: Kuban State University, 2004.
8. Krayushkina N. S., Dadyko V. I. Selection of Horticultural Land for Fruit Orchards in the North-Western Region of Russia. *Methodological Recommendations*. St. Petersburg: IAEP; 2016:52.
9. Kumpan V. O., Bugaets N. A. Primorsko-Akhtarsky district – a recreation place for all ages and well-beings. *Trends in the development of tourism and hospitality in Russia*; 2020:154–158.
10. Nefedov V. V. Methodology for selecting land for planting black currant plantations. *AgroEcoEngineering*. 2016;89:87–96.
11. Barsukova G. N., Derevenets D. K. *Land Management Economics: textbook*. 2nd ed., correct. and add. Krasnodar: KubGAU; 2021:240.

#### Информация об авторах

Макаренко Е. Ю. – магистрант землеустроительного факультета;  
Шульжевский И. С. – магистрант землеустроительного факультета;  
Барсукова Г. Н. – заслуженный землеустроитель Кубани, профессор, кандидат экономических наук, доцент;  
Перов А. Ю. – доцент кафедры землеустройства и земельного кадастра, доцент, кандидат географических наук.

#### Information about the authors

Makarenko E. Yu. – Master's student of the Faculty of Land Management;  
Shulzhevsky I. S. – Master's student of the Faculty of Land Management;  
Barsukova G. N. – Honored Land Surveyor of Kuban, Professor, Candidate of Sciences (Economic), Associate Professor;  
Perov A. Yu. – Associate Professor of the Department of Land Management and Land Cadaster, Associate Professor, Candidate of Sciences (Geographical).

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.08.2025; одобрена после рецензирования 26.08.2025; принята к публикации 10.09.2025.

The article was submitted 17.08.2025; approved after reviewing 26.08.2025; accepted for publication 10.09.2025.

*Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 48–52.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):48–52 (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 551.501.777  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.007>

**ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ВЕЛИЧИНЫ  
ПРЕДОТВРАЩЕННОГО УЩЕРБА ОТ ГРАДОБИТИЙ  
НА ЗАЩИЩАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИК СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

Аппаева Жанна Юсуповна  
Высокогорный геофизический институт, Нальчик, Россия  
[conkordya@mail.ru](mailto:conkordya@mail.ru)

**Аннотация.** Проведена оценка физической эффективности и величины предотвращенного ущерба от градобитий на защищаемой территории республик Северного Кавказа в сезонах 2022–2024 гг. Рассмотрен 61 градусный процесс с воздействием. Выделялись дни, в которые, по данным экспресс-оценки, был зафиксирован ущерб на защищаемой территории. В данном периоде было зафиксировано 9 дней с ущербом. Представлены результаты оценки площади градобития в пересчете на 100 % повреждения различных районов Северного Кавказа с указанием мест выпадения града, наименованием поврежденных посевов, а также площади и степени повреждения сельскохозяйственных культур. Систематизация данных о выпадении града на защищаемой территории Северо-Кавказского региона позволит заказчикам противоградовых работ оценить выгоду от проведения таких работ.

**Ключевые слова:** физическая эффективность, защищаемая территория, площадь повреждения сельскохозяйственных культур, предотвращенный ущерб, град, противоградовые службы

**Для цитирования:** Аппаева Ж. Ю. Оценка физической эффективности и величины предотвращенного ущерба от градобитий на защищаемой территории республик Северного Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 48–52. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.007>.

**ASSESSMENT OF THE PHYSICAL EFFECTIVENESS AND MAGNITUDE  
OF THE PREVENTED DAMAGE FROM HAIL STRIKES  
IN THE PROTECTED TERRITORY OF THE REPUBLICS OF THE NORTH CAUCASUS**

Zhanna Yu. Appaeva  
High-Mountain Geophysical Institute, Nalchik, Russia  
[conkordya@mail.ru](mailto:conkordya@mail.ru)

**Abstract.** An assessment of the physical effectiveness and magnitude of the prevented damage from hail strikes in the protected territory of the republics of the North Caucasus in the 2022–2024 seasons has been carried out. 61 degree processes with impacts are considered. There were days when, according to the express assessment, damage was recorded in the protected area. In this period, 9 days of damage were recorded. The results of assessing the area of hail damage in terms of 100 % damage in various regions of the North Caucasus are presented, indicating the locations of hail, the name of the damaged crops, as well as the area and degree of damage to agricultural crops. The systematization of data on hail in the protected area of the North Caucasus region will allow customers of anti-hail operations to assess the benefits of such work.

**Keywords:** physical efficiency, protected area, area of crop damage, prevented damage, hail, anti-hail services

**For citation:** Appaeva Zh. Yu. Assessment of the physical effectiveness and magnitude of the prevented damage from hail strikes in the protected territory of the republics of the North Caucasus. *Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):48–52. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.007> (In Russ.).*

**Введение**

Как известно, наиболее градоопасными территориями Российской Федерации являются республики Северного Кавказа, Краснодарский и Ставропольский края. Данные территории располагаются в сложных физико-географических условиях. Близость бассейна Черного моря, лежащего на пути западных вторжений, способствует формированию неустойчивой воздушной массы с повышенным увлажнением, что является оптимальным условием для развития конвективных процессов и образования мощных градовых облаков. Однако исследования показали,

что град может выпадать и в других регионах Российской Федерации. Так, для Северо-Западного региона (Ленинградская область, поселок Воейково) получены статистические радиолокационные характеристики облаков, из которых выпадал град, непосредственно фиксируемый наземными наблюдателями [9].

За последние 20 лет в сезонах противогорадовой защиты (апрель-октябрь), по данным Краснодарской и Ставропольской военизированных служб (ВС) Росгидромета, снижается общее количество засеянных облаков или объектов воздействия (ОВ) различной категории опасности. В то же время существенно растет число подвергшихся засеву объектов воздействия 3–4 категории, которые приводят к опасным градобитиям. Ежегодно противогорадовыми службами обрабатывается в среднем около 259 ОВ различной категории опасности, при этом 50 % из них ОВ 3–4 категории [5, 6]. Так, по данным Краснодарской, Ставропольской и Северо-Кавказской противогорадовых служб, за контрольный 10-летний период среднегодовые потери урожая в зоне защищаемых территорий превышали 5 % от общей культивируемой площади [3]. Учитывая, что эти регионы являются территориями с развитой сельскохозяйственной деятельностью, вопросы оценки ущерба от града и повторяемости его выпадения приобретают особое значение [1, 7].

Целью данной работы является оценка физической эффективности и величины предотвращенного ущерба от градобитий на защищаемой территории республик Северного Кавказа в сезонах 2022–2024 гг.

#### Материалы и методика исследований

ФГБУ «Северо-Кавказская военизированная служба по активному воздействию на гидрометеорологические процессы» Росгидромета (СКВС) защищает от града посевы общей площадью 921,4 тыс. га, расположенные в северных предгорьях Главного Кавказского хребта на территориях Кабардино-Балкарской Республики (КБР) (481,4 тыс. га), Карачаево-Черкесской Республики (КЧР) (240 тыс. га) и Республики Северная Осетия – Алания (РСОА) (200 тыс. га). Основная деятельность противогорадовой службы направлена на защиту сельскохозяйственных культур: кукурузы, пшеницы, подсолнечника, овощей и др., а также шпалерных плодовых садов и виноградников, которые занимают почти 67 % от общей площади земель.

Эффективность противогорадовых работ, как правило, оценивается после окончания сезона защиты. Однако в последнее время заказчиков стал интересовать вопрос эффективности противогорадовых работ непосредственно в дни с активным воздействием (АВ). Поэтому на практике противогорадовой защиты (ПГЗ) часто применяется методика экспресс-оценки предотвращенного ущерба для контроля качества противогорадовых работ в процессе их выполнения [1].

Экспресс-оценка осуществляется после уточнения фактического ущерба от градобития, представляющего собой реальный ущерб на защищаемой территории (ЗТ), и предусматривает приближенную оценку предотвращенного ущерба на ЗТ после каждого воздействия на градовые процессы на основе:

- данных о числе засеянных ОВ различных категорий опасности;
- оценки ожидаемого ущерба, который могли нанести засеянные градовые облака, если бы не было проведено АВ;
- оценки фактического ущерба от градобитий на ЗТ в день с АВ.

#### Результаты исследования

Всего был рассмотрен 61 градовый процесс с воздействием. Выделялись дни с АВ, в которые, по данным экспресс-оценки, был зафиксирован ущерб на ЗТ. В данном периоде было зафиксировано 9 дней с ущербом (табл. 1).

Согласно РД 52.37.932-2024, оценка площади градобития в пересчете на 100 % поврежденная  $S_{100}$  (га) рассчитывалась по формуле:

$$S_{100} = \sum_{i=1}^l \frac{K_i S_{\pi i}}{100\%}, \quad (1)$$

где  $l$  – число сельхоз культур, имеющих площадь не менее 1 % площади защищаемой территории;

$K_i$  – степень повреждения  $i$ -й культуры, (%);

$S_{\pi i}$  – площадь повреждения  $i$ -й культуры, (га).

В таблице 1 приведены результаты оценки площади градобития в пересчете на 100 % повреждения различных районов Северного Кавказа в сезонах 2022–2024 гг. с указанием мест выпадения града, наименованием поврежденных посевов, а также площади  $S_{\pi}$  (га) и степени  $K$  (%) повреждения сельхозкультур.

Таблица 1 – Сведения о поврежденных посевах на ЗТ СКВС

Место градобития	Наименование поврежденных посевов	Площадь повреждения $S_{п}$ , га	Степень повреждения $K$ , %	Площадь повреждения в пересчете на 100 % $S_{100}$ , га
<b>23.07.2022</b>				
КБР Баксанский р-н	Пшеница	40	25	10
	Кукуруза	50	30–40	17,5
	Подсолнечник	5	30	1,5
<b>Всего за 2022 г.</b>				<b><math>S_{100} = 29</math></b>
<b>24.05.2023</b>				
КБР Лескенский р-н	С/х угодья	550	60	330
<b>25.05.2023</b>				
КЧР Хабезский р-н	С/х угодья	400	100	400
<b>27.05.2023</b>				
РСО-А Алагирский р-н	Голубика	8	100	8
<b>01.06.2023</b>				
РСО-А Ирафский р-н	Кукуруза	80	100	80
РСО-А Алагирский р-н	Кукуруза	20	100	20
<b>13.06.2023</b>				
РСО-А Ардонский и Пригородный р-ны	Кукуруза	1 000	100	1 000
<b>Всего за 2023 г.</b>				<b><math>S_{100} = 1 838</math></b>
<b>31.05.2024</b>				
КЧР Хабезский р-н	Озимая пшеница	395	30–50	158
	Озимый ячмень	114	30–50	45,6
	Яровой ячмень	280	30–50	112
	Кукуруза	2 408	30–50	963,2
	Подсолнечник	310	40	124
КЧР Абазинский р-н	Озимая пшеница	395	40	158
	Озимый ячмень	114	40	45,6
	Сахарная свекла	45	40	18
	Кукуруза на зерно	544	40	217,6
	Подсолнечник	80	20–60	32
КЧР Прикубанский р-н	Соя	25	20–60	10
	Озимая пшеница	3 201	40	1 280,4
	Озимый ячмень	114	20–60	45,6
	Сахарная свекла	350	20–60	140
	Кукуруза на зерно	4 183	20–60	1 673,2
	Подсолнечник	250	40	100
	Картофель	83	30–50	33,2
Соя	170	30–50	68	
КЧР Прикубанский р-н	Многолетние травы	50	40	20
	<b>07.06.2024</b>			
РСО-А Ардонский и Предгорный р-ны	С/х угодья	774	20–100	464,4
<b>25.06.2024</b>				
КБР Баксанский р-н	С/х угодья	360	100	360
КБР Черекский р-н	С/х угодья	400	100	400
<b>Всего за 2024 г.</b>				<b><math>S_{100} = 6 468,8</math></b>

Фактический ущерб  $Y_{\phi}$  (руб.) оценивается после окончания АВ по данным радиолокационных наблюдений и уточняется по данным наземных наблюдений, которые проводятся группой контроля военизированной службы (ВС) совместно с представителями сельского хозяйства [8]:

$$Y_{\phi} = S_{100} \cdot C, \quad (2)$$

где  $S_{100}$  рассчитывается по формуле (1);

$C$  – средняя стоимость урожая с 1 га ЗТ (руб./га), которая в случае превалирования на ЗТ  $j$ -й культуры оценивается как стоимость 1 тонны урожая  $j$ -й культуры  $C_j$  в современных закупочных ценах (руб./т). Можно полагать  $C \sim C_j$ .

Ожидаемый ущерб  $Y_{ож}$  (руб.) оценивается по среднегодовым данным об ущербе от градобитий из ОВ  $i$ -й категории опасности по формуле [8]:

$$Y_{ож} = \sum_{i=1}^4 n_i S_{100i} C, \quad (3)$$

где  $n_i$  – количество ОВ  $i$ -й категории опасности, засеянных в данный день;

$S_{100i}$  – средняя площадь градобитий из ОВ  $i$ -й категории в пересчете на 100 % повреждения, наблюдавшаяся на контрольной территории (га). Для Северного Кавказа [2] значения  $S_{100i}$  рекомендуется принимать равными:  $S_{100_1} \sim 20$  га,  $S_{100_2} \sim 60$  га,  $S_{100_3} \sim 200$  га,  $S_{100_4} \sim 1\,000$  га.

С учетом формул (2) и (3), согласно [8], экспресс-оценку  $\Delta Y$  (руб.) предотвращенного ущерба после каждого дня с АВ на Северном Кавказе рекомендуется проводить по формуле:

$$\Delta Y = C \cdot [(n_1 \cdot S_{100_1} + n_2 \cdot S_{100_2} + n_3 \cdot S_{100_3} + n_4 \cdot S_{100_4}) - S_{100}]. \quad (4)$$

ОВ различной категории опасности  $n_i$ , ( $i = 1, 2, 3, 4$ ), засеянные в сезонах 2022–2024 гг. [4] представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сведения о количестве ОВ различной категории опасности

Служба	Год	ОВ 1	ОВ 2	ОВ 3	ОВ 4
СКВС	2022	0	32	40	3
	2023	1	40	103	7
	2024	0	50	67	6

За среднюю стоимость урожая  $C$  в 2022–2024 гг. была взята стоимость 1 тонны пшеницы как основной культуры для регионов Северного Кавказа. Если принять урожайность пшеницы 3 тонны с 1 га, а стоимость 1 тонны пшеницы – 12000 рублей, допустив при этом, что градобитию на ЗТ подверглись только поля пшеницы [8], то  $C \sim C_j \sim 36\,000$  руб.

Пользуясь данными таблиц 1, 2 и подставив соответствующие значения параметров  $C$ ,  $n_i$ ,  $S_{100i}$  и  $S_{100}$  в формулу (4), можно оценить предотвращенный ущерб  $\Delta Y$  на территории Северного Кавказа в сезонах 2022–2024 гг.:

$$\Delta Y_{2022} = 36 \cdot 10^3 \cdot [(0 \cdot 20 + 32 \cdot 60 + 40 \cdot 200 + 3 \cdot 1000) - 29] = 464\,076 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Delta Y_{2023} = 36 \cdot 10^3 \cdot [(1 \cdot 20 + 40 \cdot 60 + 103 \cdot 200 + 7 \cdot 1000) - 1838] = 1\,014\,552 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Delta Y_{2024} = 36 \cdot 10^3 \cdot [(0 \cdot 20 + 50 \cdot 60 + 67 \cdot 200 + 6 \cdot 1000) - 6469] = 573\,516 \text{ тыс. руб.}$$

Для оценки физической эффективности ПГЗ был применен интегральный параметр – процент потерь сельхозпродукции от градобитий  $N$  (%), который учитывает площадь градобитий и степень повреждения. Преимущество его в том, что он нормирован к площади культивируемой территории  $S_k$  (га), обеспечивает возможность сравнения градоопасности различных регионов [1, 7]:

$$N = \frac{S_{100} \cdot C}{S_k \cdot C} \cdot 100\% = \frac{S_{100}}{S_k} \cdot 100\%, \quad (5)$$

Для Северо-Кавказского региона площадь культивируемой территории на ЗТ, по данным СКВС, насчитывает около 616 тыс. га. Подставив значения  $S_{100}$ ,  $S_k$  в (5), можно рассчитать процент потерь сельхозпродукции от града в каждом сезоне:

$$N_{2022} = \frac{29}{616000} \cdot 100\% \sim 0,005\%;$$

$$N_{2023} = \frac{1838}{616000} \cdot 100\% \sim 0,3\%;$$

$$N_{2024} = \frac{6469}{616000} \cdot 100\% \sim 1,05\%.$$

### Заключение

В работе приведены результаты оценки площади градобития в пересчете на 100 % повреждения различных районов Северного Кавказа в сезонах 2022–2024 гг. с указанием мест выпадения града, наименованием поврежденных посевов, а также площади и степени повреждения сельхозкультур.

По данным экспресс-оценки, предотвращенный ущерб на ЗТ Северо-Кавказской противоградовой службы составляет:

- в сезоне 2022 г. около 464,08 млн рублей;
- в сезоне 2023 г. 1 014,55 млн рублей;
- в сезоне 2024 г. около 573,52 млн рублей.

Таким образом, систематизация данных о выпадении града на защищаемой территории Северо-Кавказского региона позволит заказчикам противоградовых работ оценить выгоду от проведения таких работ.

#### Список литературы

1. Абшаев М. Т., Малкарова А. М. Оценка эффективности предотвращения града. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2006. 280 с.
2. Абшаев А. М., Абшаев М. Т., Бареева М. В., Малкарова А. М. Руководство по организации и проведению противоградовых работ. Нальчик: Печатный двор, 2014. 508 с.
3. Абшаев М. Т., Абшаев А. М., Малкарова А. М., Циканов Х. А. Защита сельскохозяйственных растений от градобития на Северном Кавказе // *Метеорология и гидрология*. 2022. № 7. С. 11–27. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-7-11-27.
4. Аппаева Ж. Ю., Березинский И. Н., Геккиева Ж. М. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «Материалы по активным воздействиям на градовые процессы». 2020. № 2020620587.
5. Аппаева Ж. Ю. Анализ результатов противоградовых работ в Краснодарском крае за последние 20 лет // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2024. № 613. С. 178–187.
6. Аппаева Ж. Ю. Обобщение многолетних данных о выпадении града на территории Ставропольского края // *Время науки: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей VI Международной научно-практической конференции*. Пенза: Наука и Просвещение, 2025. С. 116–120.
7. Малкарова А. М. Методы и результаты оценки эффективности активных воздействий на градовые процессы // *Вопросы физики облаков. Облака, осадки и грозное электричество*. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2004. С. 222–241.
8. Руководящий документ РД 52.37.932. Методы оценки эффективности активных воздействий на градовые процессы и порядок отчетности о проведении противоградовой защиты. Нальчик: ООО «Фрегат», 2024. 76 с.
9. Синькевич А. А., Торопова М. Л., Веремей Н. Е. и др. Градовые облака Северо-Запада Российской Федерации // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2023. № 609. С. 64–77.

#### References

1. Abshaev M. T., Malkarova A. M. *Assessment of the effectiveness of hail prevention*. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 2006:280 (In Russ.).
2. Abshaev A. M., Abshaev M. T., Barekova M. V., Malkarova A. M. *Guidelines for the organization and conduct of anti-hail work*. Nalchik: Printing Yard; 2014:508 (In Russ.).
3. Abshaev M. T., Abshaev A. M., Malkarova A. M., Tsikanov H. A. Protection of agricultural plants from hail in the North Caucasus. *Meteorology and Hydrology*. 2022;7:11–27. DOI: 10.52002/0130-2906-2022-7-11-27 (In Russ.).
4. Appaeva Zh. Yu., Berezinsky I. N., Gekkieva Zh. M. *Certificate of state registration of the database «Materials on active impacts on hail processes»*; 2020:2020620587 (In Russ.).
5. Appaeva Zh. Yu. Analysis of the results of anti-hail work in the Krasnodar Territory over the past 20 years. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov*. 2024;613:178–187 (In Russ.).
6. Appaeva Zh. Yu. Generalization of long-term data on hail in the Stavropol territory. *The Time of science: current issues, achievements and innovations: collection of articles of the VI International Scientific and Practical Conference*. Penza: Science and Education; 2025:116–120 (In Russ.).
7. Malkarova A. M. *Methods and results of evaluating the effectiveness of active impacts on hail processes. Questions of cloud physics. Clouds, precipitation and thunderstorm electricity*. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 2004:222–241 (In Russ.).
8. *Guidance document RD 52.37.932. Methods for assessing the effectiveness of active impacts on hail processes and the reporting procedure for conducting hail protection*. Nalchik: LLC «Fregat»; 2024:76 (In Russ.).
9. Sinkevich A. A., Toropova M. L., Veremey N. E. et al. Hail clouds of the North-West of the Russian Federation. *Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov*. 2023;609:64–77 (In Russ.).

#### Информация об авторе

Аппаева Ж. Ю. – научный сотрудник лаборатории РМ отдела АВ, кандидат физико-математических наук.

#### Information about the author

Appaeva Zh. Yu. – Researcher at the RM Laboratory of the AV Department, Candidate of Physical and Mathematical Sciences.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.10.2025; одобрена после рецензирования 27.10.2025; принята к публикации 10.11.2025.

The article was submitted 16.10.2025; approved after reviewing 27.10.2025; accepted for publication 10.11.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 53–57.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):53–57 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 614.841.2:582.52/59:911.5  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.008>

## ПОЖАРЫ ТРОСТНИКА НА ПРИРОДНО-УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Дымова Татьяна Владимировна  
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
tdimova60@mail.ru

**Аннотация.** В условиях растущего хозяйственного воздействия и потепления климата остро стоит проблема пожаров тростниковой растительности. На территории Астраханской области произрастают огромные площади тростника, пожары которого приводят к природным, экономическим и социальным последствиям. Наиболее остро проблема пожаров тростниковой растительности проявляется в зонах контакта между урбанизованными территориями и природными ландшафтами. В статье приведена статистика таких пожаров, рассмотрены их особенности и последствия.

**Ключевые слова:** природно-урбанизованная территория, пожар, тростник, устойчивое управление природными ресурсами, регион

**Для цитирования:** Дымова Т. В. Пожары тростника на природно-урбанизованных территориях // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 53–57. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.008>.

## CANE FIRES IN NATURAL-URBANIZED TERRITORIES

Tatiana V. Dymova  
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
tdimova60@mail.ru

**Abstract.** In conditions of increasing economic impact and climate warming, the problem of reed vegetation fires is acute. Huge areas of reeds grow on the territory of the Astrakhan region, fires of which lead to natural, economic and social consequences. The problem of reed vegetation fires is most acute in the contact zones between urbanized territories and natural landscapes. The article provides statistics on such fires, discusses their features and consequences.

**Keywords:** natural-urbanized area, fire, reed, sustainable natural resource management, region

**For citation:** Dymova T. V. Cane fires in natural-urbanized territories. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):53–57. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.008> (In Russ.).

### Введение

В условиях растущего антропогенного воздействия, а также климатических изменений, связанных с повышением температуры воздуха, проблема пожаров разных видов растительности приобретает все большие масштабы. Наиболее остро эта проблема проявляется в зонах контакта между природными ландшафтами и урбанизованными территориями, которые известны как природно-урбанизованные территории (ПУТ).

Под ПУТ мы понимаем места суши, расположенные на границе населенных пунктов и природных сообществ (рис. 1).

ПУТ характеризуются:

- 1) высокой плотностью населения;
- 2) сложным переплетением жилой застройки;
- 3) инфраструктурой;
- 4) сельскохозяйственными угодьями или их отдельными компонентами (садовые участки, огороды, дачи, палисадники);
- 5) естественными экосистемами (леса, пустыни, полупустыни, степи, кустарниковые и тростниковые заросли).

В условиях Астраханской области и города Астрахани на ПУТ существует повышенный риск пожаров растительности. Такой растительностью являются, прежде всего, заросли тростника южного, а также сорной травянистой растительности, которая в условиях высоких температур быстро становится сухой, в связи с чем представляет дополнительный горючий материал.

Комплексное изучение последствий таких пожаров растительности, разработка мер их профилактики и предотвращения крайне важны для устойчивого управления природными ресурсами в регионе и обеспечения экологической безопасности на ПУТ.

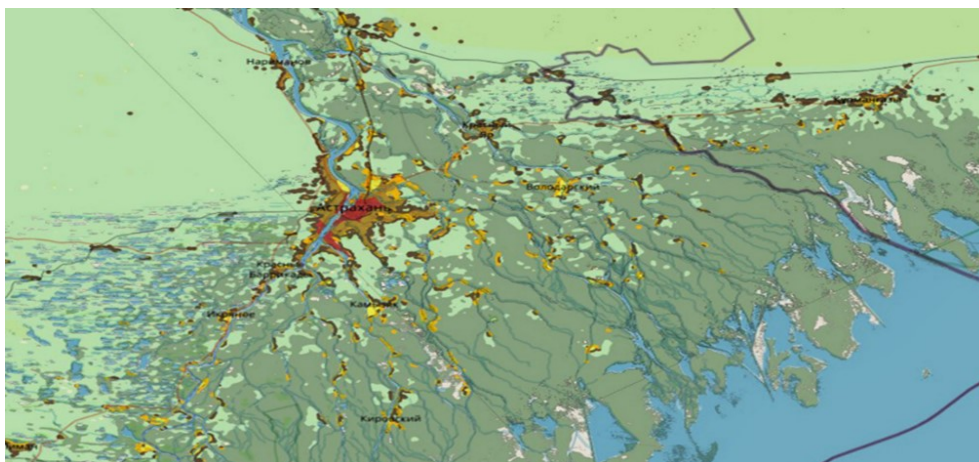


Рисунок 1 – Карта ПУТ Астраханской области [10]

#### **Материалы и методы исследования**

Объектом исследования является тростниковая растительность ПУТ Астраханской области. Используются статистические методы анализа крупных пожаров растительности тростника на ПУТ региона; визуальный метод осмотра мест пожаров растительности тростника на ПУТ; оценка признаков термических поражений такой растительности.

#### **Результаты и их обсуждение**

В условиях Астраханской области и города Астрахани на ПУТ существует повышенный риск пожаров растительности. Пожароопасный период в регионе длится с марта по ноябрь, при этом особенно интенсивно осуществляется в весенне-летний период. В это время наиболее часто возгорания происходят в тростниковых зарослях и на участках земли, где тростник растет отдельными куртинами.

Очаги пожаров, вызванные возгоранием тростника южного, опасны тем, что в сухую погоду огонь быстро распространяется от одного растения к другому (рис. 2) и может добраться до жилых строений, что представляет большую угрозу для жизни и здоровья людей и влечет материальный ущерб собственникам жилья. В условиях теплой и ветреной погоды пожары принимают большие размеры, а для их тушения требуются порой усилия десятков людей, что также приводит к большим материальным затратам.



Рисунок 2 – Особенности пожара тростниковой растительности

На основе анализа интернет-источников [1–4, 6–9] был осуществлен сбор статистических данных, включающих количество только крупных пожаров тростника на ПУТ, произошедших в марте-августе 2025 г. (табл.).

Таблица – Статистика тростниковых пожаров на ПУТ Астраханской области и города Астрахани

Дата	Название природно-урбанизированной территории	Особенности тростникового пожара и его тушения
09.03	Четвертый проезд в садовое товарищество «Коммунальник» в Трусовском районе	Общая площадь пожара составила 800 м <sup>2</sup> . Задействованы шесть единиц техники и 20 человек личного состава МЧС. Пожарно-спасательные подразделения реагировали с привлечением дополнительных сил и средств.
13.03	Поселок Трусово Наримановского района, в районе ильмена Драгун	Общая площадь пожара составила 600 м <sup>2</sup> . Задействованы четыре единицы техники и 11 человек личного состава МЧС. От ГКУ «Волгоспас» 1 единица техники и 5 человек личного состава.
14.03	ул. Молдавская Трусовского района	Фронт огня составил 400 м. Зафиксировано возгорание постройки площадью 12 м <sup>2</sup> . Задействованы 5 единиц техники и 13 человек личного состава МЧС. От ГКУ «Волгоспас» 2 единицы техники и 9 человек личного состава.
26.05	Промузел (район ТЭЦ-2) в селе Кулаковка Приволжского района	Площадь огненного фронта составила 1500 м. Задействованы 8 единиц техники и 28 человек личного состава МЧС.
05.06	Ул. Лемисова Ленинского района	Общая площадь пожара составила 250 м <sup>2</sup> . Задействованы 5 единиц техники и 15 человек личного состава МЧС.
06.07	Поселок Тинаки, садовое товарищество «Дружба» Наримановского района	Линия огня составила около 1 км. Зафиксировано возгорание заброшенных строений. Задействованы 8 единиц техники и 26 человек личного состава МЧС. Дополнительно направлены усиленные расчеты.
18.08	Тинаки-2 Наримановского района	Площадь огненного фронта составила 150 м. Задействованы 3 единицы техники и 8 человек личного состава МЧС.
28.08	109-й километр трассы Волгоград – Астрахань в Ахтубинском районе	Площадь огненного фронта составила 71 га. Задействованы 3 единицы техники и 8 человек личного состава МЧС.

Перечень пожаров тростниковой растительности на ПУТ региона можно продолжать и дальше. Анализ статистических данных показал, что число тростниковых пожаров на ПУТ за март-август 2025 г. увеличилось в 2,7 раза по сравнению с аналогичным периодом 2024 г. (рис. 3).

Тростник южный достигает в высоту до 5 м, что позволяет условно выделить два вида пожаров этого растения:

1. Низовой, когда горят опавшие листья растения и заломленные старые стебли у земли, но не сгорают стоящие стебли и метелки с семенами.
2. Верховой, когда тростник сгорает практически полностью с интенсивным выделением тепла и густым черным дымом.

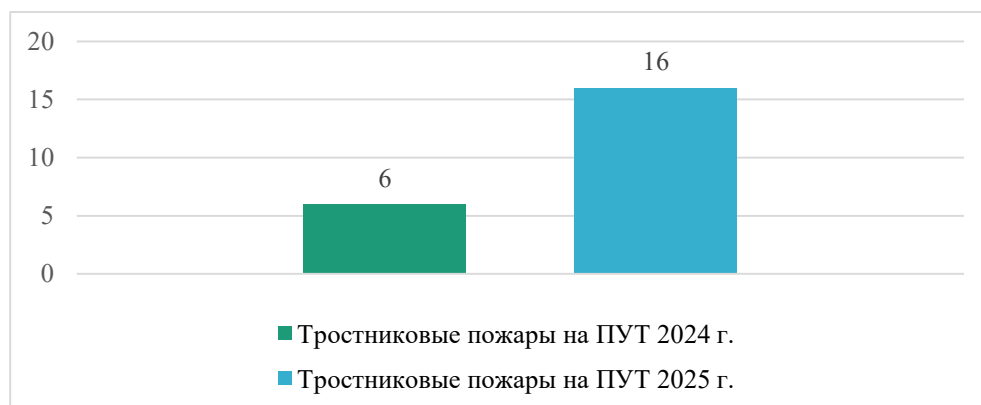


Рисунок 3 – Число тростниковых пожаров на ПУТ Астраханской области за период с марта по август 2024 и 2025 гг.

Ветер является тем фактором, который определяет вид тростникового пожара [5]. Так, низовые пожары менее интенсивны, но часто очень быстро продвигаются против ветра. Усиление ветра приводит к верховому пожару, охватывающему своим пламенем площади тростника, которые уже были ранее подвержены низовому пожару (рис. 4).



Рисунок 4 – Низовой пожар тростниковой растительности, переходящий в верховой

Отметим, что верховые пожары способствуют тому, что конвекционная колонка поднимает недогоревшие частицы тростника на сотни метров, вызывает выпадение пепла, который содержит крупные обугленные растительные остатки.

Тростниковые пожары, часто происходящие на ПУТ, влияют, прежде всего, на климатические особенности, так как интенсивное выделение углекислого газа и других парниковых газов в атмосферу усиливает как глобальное потепление, так и повышение температуры воздуха в регионе. В свою очередь, изменение климата увеличивает вероятность возникновения пожаров, способствуя быстрому высыханию тростника, что может приводить к его быстрому возгоранию по самым разным причинам, доминирующей из которых является хозяйственная деятельность.

Тростниковые пожары на ПУТ имеют и социальные последствия, заключающиеся не только в угрозе жизни и здоровью людей, но и их гибели, особенно пожилых и детей, которые не всегда могут быстро эвакуироваться. Также пожары приводят к ожогам, травмам и отравлениям продуктами горения (угарным газом).

Из-за того, что тростник зачастую произрастает рядом с жильем людей, то возгорание тростниковых крепей может уничтожить дома, хозяйственные постройки, инфраструктуру, личные транспортные средства и другие материальные ценности населения.

Пожары тростника могут наносить значительный экономический ущерб, связанный с тушением, восстановлением инфраструктуры, выплатой компенсаций пострадавшим и потерей доходов от туризма, а также других видов хозяйственной деятельности. Для тушения крупных пожаров требуются значительные ресурсы – техника, авиация, оборудование, топливо. Затраты на восстановление жилья, инфраструктуры также требуют огромных финансовых вложений.

Кроме того, пожары тростника опосредованно приводят к пережитому волнению, тревоге, сильному страху, депрессии и другим психологическим проблемам, требующим помощи.

#### **Заключение**

Последствия пожаров тростника на ПУТ являются комплексными и взаимосвязанными. Уменьшение риска пожаров требует комплексного подхода, который должен включать профилактику, своевременное обнаружение и эффективное тушение пожаров, а также планирование и управление земельными ресурсами.

#### **Список литературы**

1. В Астраханской области более 3 часов тушили пожар на площади в 71 гектар. URL: <https://ast.mk.ru/incident/2025/08/28/v-astrahanskoy-oblasti-bolee-3-chasov-tushili-pozhar-na-ploshhadi-v-71-gektar.html> (дата обращения: 07.09.2025).
2. В Астраханской области в районе ТЭЦ-2 загорелся камыш по фронту 1,5 тыс. м. URL: <https://tass.ru/proisshestiya/24050723> (дата обращения: 07.09.2025).
3. В Астраханской области горит камыш. URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-03-13/v-astrahanskoy-oblasti-gorit-kamysh-185565> (дата обращения: 07.09.2025).
4. В Трусовском районе Астрахани горит камыш. URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-03-09/v-trusovskom-rayone-astrahani-gorit-kamysh-185208> (дата обращения: 07.09.2025).
5. Дымова Т. В. Факторы, влияющие на возникновение пожаров растительности засушливых мест обитания и ее восстановление после воздействия огня // Межвузовский сборник научных трудов. Астрахань: Издательство Нижневолжского экоцентра. 2014. Вып. 9. С. 104–108.
6. Под Астраханью тушат крупный пожар сухой растительности фронтом в км. URL: <https://astrakhan.aif.ru/incidents/pod-astrahanyu-tushat-krupnyu-pozhar-suhoy-rastitelnosti-frontom-v-km> (дата обращения: 07.09.2025).
7. Пожар распространился на площади шестьсот квадратных метров. URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-03-13/v-astrahanskoy-oblasti-gorit-kamysh-185565> (дата обращения: 07.09.2025).

8. Пожарно-спасательные подразделения ликвидируют пожар в Трусовском районе г. Астрахань. URL: [https://30.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/vse\\_novosti/5476570](https://30.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/vse_novosti/5476570) (дата обращения: 07.09.2025).
9. Пожарные тушат возгорание в Ленинском районе Астрахани. URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-06-05/pozharnye-tushat-vozgoranie-v-leninskom-rayone-astrahani-191574> (дата обращения: 07.09.2025).
10. Global WUI Hotspots. URL: <https://geoserver.silvis.forest.wisc.edu/geodata/fast/globalwui/> (дата обращения: 16.09.2025).

#### References

1. *In the Astrakhan region, a fire was extinguished on an area of 71 hectares for more than 3 hours.* URL: <https://ast.mk.ru/incident/2025/08/28/v-astrakhanskoj-oblasti-bolee-3-chasov-tushili-pozhar-na-ploshhadi-v-71-gektar.html> (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
2. *In the Astrakhan region, in the area of CHP-2, a reed along the front of 1.5 thousand meters caught fire.* URL: <https://tass.ru/proisshestviya/24050723> (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
3. *Reeds are burning in the Astrakhan region.* URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-03-13/v-astrakhanskoj-oblasti-gorit-kamysh-185565> (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
4. *Fire breaks out in the Trusovsky district of Astrakhan.* URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-03-09/v-trusovskom-rayone-astrahani-gorit-kamysh-185208> (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
5. Думова Т.В. *Factors Affecting the Occurrence of Fires in Arid Habitats and Their Restoration after Fire Exposure: Interuniversity Collection of Scientific Papers.* Astrakhan: Publishing House of the Lower Volga Ecological Center. 2014;9:104–108 (In Russ.).
6. *A large dry vegetation fire is being extinguished near Astrakhan.* URL: <https://astrakhan.aif.ru/incidents/pod-astrahanyu-tushat-krupny-pozhar-suhoy-rastitelnosti-frontom-v-km> (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
7. *The fire has spread over an area of six hundred square meters.* URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-03-13/v-astrakhanskoj-oblasti-gorit-kamysh-185565> (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
8. *Fire and rescue units are extinguishing a fire in the Trusovsky District of Astrakhan.* URL: [https://30.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/vse\\_novosti/5476570](https://30.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/vse_novosti/5476570) (accessed 07.09.2025) (In Russ.).
9. *Firefighters are extinguishing a fire in the Leninsky District of Astrakhan.* URL: <https://a24.press/news/incidents/2025-06-05/pozharnye-tushat-vozgoranie-v-leninskom-rayone-astrahani-191574> (accessed: 07.09.2025). (In Russ.).
10. *Global WUI Hotspots.* URL: <https://geoserver.silvis.forest.wisc.edu/geodata/fast/globalwui/> (accessed 16.09.2025).

#### Информация об авторе

Думова Т. В. – кандидат педагогических наук, доцент, доцента кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности.

#### Information about the author

Dumova T. V. – Candidate of Sciences (Pedagogical), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Environmental Management, Land Management and Life Safety.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.10.2025; одобрена после рецензирования 27.10.2025; принята к публикации 03.11.2025.

The article was submitted 14.10.2025; approved after reviewing 27.10.2025; accepted for publication 03.11.2025.

*Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 58–65.*  
*Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):58–65 (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 502.5  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.009>

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И ИНФОРМАЦИОННО-ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Иванова Елена Юрьевна<sup>1✉</sup>, Кухтенков Дмитрий Андреевич<sup>2</sup>  
Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия  
<sup>1</sup>[ivelena2010@mail.ru](mailto:ivelena2010@mail.ru)  
<sup>2</sup>[kukhtenkov.d.a@mail.ru](mailto:kukhtenkov.d.a@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме геоэкологической оценки территорий на основе дистанционного мониторинга и информационно-имитационных моделей, позволяющих выявлять закономерности изменения природно-антропогенных систем и прогнозировать последствия хозяйственной деятельности. В данной работе выполнен расчет экологического состояния урбанизированного участка Москвы, включающего пойму Москвы-реки и прилегающие жилые и транспортные зоны, что обусловлено высокой антропогенной нагрузкой и контрастным сочетанием природных и искусственных ландшафтов. В качестве методологической базы использовалась интеграция спутниковых данных Sentinel-2, Landsat-8/9 и MODIS, атмосферных реанализов ERA5 и CAMS, а также материалов наземного экологического мониторинга Росгидромета и IQAir, дополненных методами геоинформационного анализа и математического моделирования. Проведенный анализ показал устойчивое развитие эффекта «городского острова тепла», выражающееся в росте ночной температуры поверхности на +0,03–0,05 °C в год в районах плотной застройки, а также выявил сохранение среднегодовых концентраций PM<sub>2.5</sub> на уровне 11–13 мкг/м<sup>3</sup>, что соответствует верхней границе нормативов ВОЗ.

**Ключевые слова:** геоэкологическая оценка, дистанционное зондирование, имитационное моделирование, городской остров тепла, качество воздуха, PM<sub>2.5</sub>

**Для цитирования:** Иванова Е. Ю., Кухтенков Д. А. Геоэкологическая оценка природно-территориальных комплексов на основе дистанционного мониторинга и информационно-имитационных моделей // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 58–65. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.009>.

## GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE NATURAL TERRITORIAL COMPLEXES ON REMOTE MONITORING AND INFORMATION-SIMULATION MODELS

Elena Yu. Ivanova<sup>1✉</sup>, Dmitriy A. Kukhtenkov<sup>2</sup>  
Educational Institution of Higher Education, Mytishchi, Russia  
<sup>1</sup>[ivelena2010@mail.ru](mailto:ivelena2010@mail.ru)  
<sup>2</sup>[lipovskaya\\_14@mail.ru](mailto:lipovskaya_14@mail.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the problem of geo-ecological assessment of territories based on remote monitoring and information-simulation models that allow identifying patterns of change in natural and anthropogenic systems and predicting the consequences of economic activity. This work calculates the ecological state of an urbanised area of Moscow, including the floodplain of the Moskva River and adjacent residential and transport zones, which is due to high anthropogenic pressure and a contrasting combination of natural and artificial landscapes. The methodological basis was the integration of Sentinel-2, Landsat-8/9 and MODIS satellite data, ERA5 and CAMS atmospheric reanalyses, as well as ground-based environmental monitoring data from Roshydromet and IQAir, supplemented by geoinformation analysis and mathematical modelling methods. The analysis showed a steady development of the urban heat island effect, manifested in an increase in night-time surface temperatures of +0.03–0.05°C per year in densely built-up areas, and also revealed that average annual PM<sub>2.5</sub> concentrations remained at 11–13 µg/m<sup>3</sup>, which corresponds to the upper limit of WHO standards.

**Keywords:** geoeological assessment, remote sensing, simulation modelling, urban heat island, air quality, PM<sub>2.5</sub>

**For citation:** Ivanova E. Yu., Kukhtenkov D. A. Geoeological assessment of natural territorial complexes on remote monitoring and information-simulation models. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):58–65. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.009> (In Russ.).

## **Введение**

Современный этап развития экологической науки и геоинформационных технологий характеризуется растущей потребностью в надежных инструментах оценки состояния природно-территориальных комплексов, позволяющих не только анализировать динамику экологических изменений, но и прогнозировать будущие трансформации под воздействием как природных, так и антропогенных факторов. В этом контексте геоэкологическая оценка территорий на основе дистанционного мониторинга и информационно-моделирующих моделей занимает особое место, поскольку представляет собой интегративный научно-прикладной подход, сочетающий возможности аэрокосмической съемки, наземных измерений, географических информационных систем (ГИС) и математического моделирования. Цель данного исследования – обосновать и продемонстрировать методологические основы геоэкологической оценки с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и имитационных моделей, воспроизводящих функциональную структуру геосистем в условиях антропогенного давления.

Проблема геоэкологической оценки территорий приобрела особую актуальность в XXI в. в связи с усилением антропогенного воздействия на природные комплексы и ростом масштабов климатических изменений, приводящих к значительным трансформациям ландшафтов, экосистем и социально-экологического баланса. В современных условиях традиционные методы экологического мониторинга, основанные преимущественно на точечных полевых исследованиях и статических картографических данных, уже не позволяют адекватно понимать динамику экологических процессов. Поэтому разработка методологических подходов, позволяющих интегрировать данные дистанционного зондирования с информационно-моделирующими моделями, становится необходимым условием для обеспечения устойчивого развития регионов и рационального природопользования.

Предметом исследования является совокупность геоэкологических параметров территории, отражающих ее устойчивость, чувствительность к техногенной нагрузке и адаптационный потенциал, а объектом – сама методология, основанная на интеграции дистанционного мониторинга и моделирования.

Обзор литературы [1–5] показывает, что в последние два десятилетия наблюдается устойчивый рост числа научных работ, посвященных интеграции инструментов дистанционного мониторинга и моделированию геоэкологических процессов. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) зарекомендовало себя как основной источник пространственно распределенной информации об окружающей среде [6], позволяющий осуществлять мониторинг растительного покрова, влажности почвы, тепловых аномалий, загрязнения атмосферы и изменений в землепользовании с высоким временным и пространственным разрешением. По мнению Kuenzer и Dech [3], временные ряды спутниковых данных предоставляют уникальные возможности для выявления скрытых тенденций в динамике ландшафта, которые не могут быть идентифицированы с помощью традиционного статистического анализа полевых данных. Российские исследователи также подчеркивают важность аэрокосмического мониторинга как основы для региональных экологических оценок [3, 7].

В то же время активно развивается отдельная отрасль экологической науки, связанная с имитационным моделированием экологических и географических процессов. Имитационные модели, включая агент-ориентированные, системно-динамические и стохастические подходы, используются для воспроизведения гидрологических режимов, эрозии почв, рассеивания загрязнителей воздуха и устойчивости экосистем к антропогенным стрессам [5]. Интеграция таких моделей с геоинформационными системами создает условия для развития цифровых двойников территорий, которые позволяют не только анализировать текущее состояние геосистем, но и прогнозировать их будущее состояние при различных сценариях природных и антропогенных воздействий. Фуди и Аткинсон [4] подчеркивают, что использование моделирования позволяет учитывать неопределенность и изменчивость, присущие экологическим процессам, что особенно важно при интерпретации данных дистанционного зондирования.

Уникальность исследования заключается в попытке преодолеть традиционную фрагментарность методов экологического анализа путем объединения спутникового мониторинга с имитационными моделями, что позволяет перейти от описательных оценок к прогнозным. Такая интеграция позволяет не только зафиксировать текущее состояние территории, но и оценить траекторию ее возможной трансформации в среднесрочной и долгосрочной перспективе с учетом климатической изменчивости, промышленного развития и ландшафтно-экологических условий. Предлагаемый подход отличается универсальностью применения, поскольку может быть адаптирован как к урбанизированным территориям с высокой антропогенной нагрузкой, так и к природным ландшафтам охраняемых территорий, где основной задачей является сохранение биоразнообразия и стабильности экосистем.

С практической точки зрения значение исследования заключается в том, что многие регионы России и мира испытывают повышенное давление со стороны урбанизации, промышленного развития, интенсификации сельского хозяйства и изменчивости климата. Быстрый рост мегаполисов, таких как Москва, Шанхай или Сан-Паулу, неизбежно приводит к усилению давления на природно-территориальные комплексы, что требует создания адаптивных систем экологического управления. Интеграция дистанционного мониторинга и имитационного моделирования открывает возможность разработки таких систем, поскольку позволяет оценивать как пространственное распределение экологических параметров, так и долгосрочную устойчивость геосистем [7].

Полученные результаты могут быть использованы в практике территориального экологического управления, городского планирования, экологической экспертизы, а также в области разработки цифровых двойников регионов, которые становятся одной из ведущих тенденций в геоинформатике и управлении устойчивым развитием. Интеграция данных дистанционного мониторинга с информационно-моделирующими моделями открывает возможности для создания адаптивных систем геоэкологического регулирования, способных реагировать на изменения в режиме реального времени и прогнозировать эффективность управленческих решений [1].

Таким образом, проведенные исследования способствуют формированию новой методологической парадигмы в экологической географии и геоэкологии, ориентированной на комплексный анализ территорий посредством синтеза аэрокосмического мониторинга и имитационного моделирования.

#### **Материалы и методы**

В рамках исследования реализуется интегрированный рабочий процесс, который объединяет многоисточниковые данные дистанционного зондирования, натурные наблюдения и информационно-моделирующие модели в воспроизводимый программный стек. С методологической точки зрения подход исходит из (1) гармонизации гетерогенных потоков данных, через (2) извлечение физически интерпретируемых геоэкологических индикаторов и (3) построение моделей, способных работать со сценариями, до (4) визуализации аналитики принятия решений для планировщиков [3].

*Область исследования и наборы данных.* Для демонстрации осуществимости был сформирован портфель открытых данных для репрезентативного макрорландшафта городской речной зоны. Входные данные включали Sentinel-2 MSI, Landsat-8/9 OLI/TIRS, MODIS, повторный анализ ERA5, атмосферные продукты CAMS и национальные кадастровые реестры. Период 2018–2024 гг. позволяет оценить тенденции в межгодовом колебании [6].

*Система индикаторов и моделирование.* Такие индикаторы, как NDVI, NBR, NDWI и LST, были рассчитаны на основе спутниковых изображений. Показатели фрагментации ландшафта были получены с помощью методологии FRAGSTATS.

*Архитектура программного обеспечения.* Платформа состоит из шести уровней: Ввод данных → Предварительная обработка → Моделирование → Симуляция → Аналитика → Управление. Он принимает изображения, совместимые со стандартом STAC, извлекает характеристики, обучает модели машинного обучения (XGBoost, GAMs), поддерживает моделирование сценариев и отображает результаты через информационные панели и API [8].

В ответ на выявленный разрыв между описательным мониторингом и прогнозным территориальным управлением, в рамках исследования реализуется интегрированный рабочий процесс, который объединяет многоисточниковую дистанционную съемку, натурные наблюдения и информационно-симуляционное моделирование в воспроизводимый программный стек; методологически подход проходит от (1) гармонизации гетерогенных потоков данных, через (2) извлечение физически интерпретируемых геоэкологических индикаторов и (3) построение моделей, способных работать со сценариями, до (4) визуализации аналитики решений для планировщиков, тем самым операционализируя переход от ретроспективного картирования к упреждающему управлению стабильностью ландшафта и техногенными рисками [6].

*Область исследования и наборы данных.* Чтобы продемонстрировать практическую осуществимость на реальных данных, был собран портфель открытых данных для репрезентативного городско-речного макрорландшафта (крупный европейский город с поймой и мозаичной зеленой застройкой). Входные данные включают отражение поверхности Sentinel-2 MSI L2A (10–20 м) и Landsat-8/9 OLI/TIRS (30 м) для индексов растительности/воды/пожаров; реанализы MODIS и CAMS/ERA5 для аэрозольных и метеорологических воздействий; национальные кадастровые/земельные реестры и OpenStreetMap для функционального зонирования; открытые правительственные порталы для PM<sub>2.5</sub>/NO<sub>2</sub>/фенологии/гидрологии, где это возможно. Временное окно (2018–2024 гг.) позволяет сравнивать состояние до и после возмущения и оценивать тенденции в межгодовом переменном диапазоне [6].

*Предварительная обработка и система индикаторов.* После атмосферной коррекции (L2A, предоставленный датчиком, перепроверенный QA для каждой сцены) сцены совмещаются в общую сетку и маскируются облаками с помощью полос SCL/QA; сезонные композиты (с листьями/без листьев) формируются с использованием медоидного сокращения для подавления выбросов. Из оптических/тепловых каналов мы вычисляем минимальный, но выразительный набор индикаторов: NDVI и EVI (активность растительности), NBR (пирогенный/тепловой стресс), NDWI (влажность поверхности), NDBI/UI (интенсивность застройки), а также температуру поверхности земли (LST) из TIRS с помощью метода разделения окон; морфологические метрики (размер участка, плотность краев, фрагментация) выводятся на бинарных масках для фиксации пространственной конфигурации зеленой и синей инфраструктуры. Ассимиляция качества воздуха объединяет спутниковые данные AOD с наземными данными PM2.5 с помощью байесовской иерархической модели, ограниченной высотой пограничного слоя ERA5 [9]; риск для рек оценивается с помощью топографического индекса влажности и занятости поймы, выведенного из многолетних превышений NDWI [10].

*Моделирование и проверка гипотез.* Центральная гипотеза гласит, что соединение дистанционно измеряемых показателей с экзогенными факторами (метеорология, выбросы, динамика строительства) дает возможность прогнозировать геоэкологический стресс (интенсивность теплового острова, деградация растительности, превышение пороговых значений загрязняющих веществ). Для его тестирования мы используем: (а) деревья решений с градиентным усилением для краткосрочной классификации участков с «повышенным риском» (бинарные/ординальные цели на основе превышения нормативных значений), (б) пространственно-временные GAM для плавных нелинейных трендов NDVI/LST с учетом метеорологии и городской формы и (с) симуляторы сценариев (слой системной динамики), которые возмущают пропорции землепользования, покрытие кронами деревьев или базовые уровни выбросов для количественной оценки чувствительности. Неопределенность распространяется с помощью ансамблей бутстреп и интервалов прогнозирования по пикселям; для проверки модели используется пространственная 5-кратная перекрестная проверка, чтобы избежать утечки между соседними участками [5].

*Архитектура программного обеспечения (информационно-симуляционная платформа).* Практическим вкладом является модульная, готовая к производству архитектура [5]:

1. Слой ввода: каталог-краулер на базе STAC (Sentinel/Landsat/ERA5/CAMS/порталы), загрузки с проверкой контрольной суммы, разбиение на плитки в Cloud-Optimized GeoTIFF с обзорами cog; очередь сообщений координирует новые приобретения [5].
2. Предварительная обработка и функции: контейнерные рабочие процессы (GDAL/rasterio/хаггау) выполняют перепроецирование, маскирование облаков, компоновку и извлечение индикаторов; хранилище функций (Parquet) содержит векторы времени плиток с родословной [5].
3. Уровень модели: микросервис ML (XGBoost/GAM/GLMM) с рецептами, объявленными в YAML; пространственно-временная CV, мониторы дрейфа и реестр моделей (артефакты с версиями, метрики) [5].
4. Слой моделирования: движок системной динамики связывает переходы в землепользовании, коэффициенты выбросов, рычаги восстановления полога; API сценария принимает рычаги политики и возвращает прогнозируемые карты стресса с неопределенностью [5].
5. Аналитика и API: конечные точки REST/OGC (WMS/WFS/XYZ) и панель управления с картографической алгеброй, зондами временных рядов, объяснимостью абляции/SHAP и оповещениями (пороги аномалий LST, падения NDVI, риска PM2.5) [5].
6. Управление: метаданные, происхождение (STAC/PROV-O), доступ на основе ролей, журналы аудита; CI/CD для конвейеров; модульные/интеграционные тесты; воспроизводимые среды с помощью контейнеров [5].

#### **Результаты и обсуждение**

*Операционный эффект программного обеспечения.* По сравнению с базовой практикой (ручное составление карт, годовые отчеты), платформа обеспечивает (1) сокращение задержки с нескольких недель до нескольких часов для обнаружения изменений (новые вырубки, тепловые всплески), (2) измеримое повышение чувствительности обнаружения (коэффициент истинных срабатываний +15–20 % при фиксированном количестве ложных срабатываний) и (3) контрафактуальные данные для разработки политики: планировщики могут сравнить, прежде чем вкладывать капитал, предельную выгоду альтернативных мер (геометрия посадки деревьев по сравнению с отражающими материалами в сопоставлении с изменением маршрутов движения). Важно, что ленты неопределенности и происхождения повышают доверие, позволяя обосновать экологическую экспертизу и интегрировать ее в управление цифровыми двойниками [2].

*Воспроизводимость и переносимость.* Все этапы кодифицированы в виде конвейеров с явными параметрами; мозаика, функции и модели не зависят от географии и могут быть перенесены

в другие города или речные бассейны путем переключения коллекций STAC и калибровочных априорных значений. Система индикаторов является расширяемой (например, добавление оседания на основе SAR, аномалий хранения воды типа GRACE), в то время как уровень моделирования допускает доменные модули (гидравлическое 2D наводнение, дисперсионное LES), когда требуется более высокая точность [8].

*Резюме результатов.* Интегрированная, реализованная в программном обеспечении методология подтверждает гипотезу о том, что совместное использование дистанционного мониторинга и моделирования улучшает как объясняющую способность (атрибуция факторов), так и прогнозирующую способность (прогнозирование рисков на ближайшую перспективу/прогнозирование), а также – что важно для управления – преобразует научную диагностику в практические, учитывающие сценарии карты и оповещения, способные изменить траекторию геоэкологического стресса с помощью целенаправленных, экономически эффективных мер [10].

*Источники и методы получения данных*

Для анализа использовались открытые данные, в том числе [11]:

- температура поверхности Земли (Land Surface Temperature, LST) за 2001–2021 гг. по данным спутниковых наблюдений (MDPI, 2023).
- концентрации PM<sub>2.5</sub> в воздухе Москвы (2018–2021) – база данных IQAir.
- анализ временных рядов загрязнителей (ARFIMA-модели), проведенный на основе публикации PMC, 2023.

Методы включали [12]:

- геоинформационный анализ (выявление трендов температурных аномалий и их пространственного распределения);
- экологический мониторинг (сопоставление концентраций PM<sub>2.5</sub> с нормативами ВОЗ);
- системное моделирование (оценка устойчивости трендов загрязнения воздуха и тепловых изменений).

*Результаты анализа*

✓ Температурные тренды (LST).

Анализ динамики температуры поверхности Земли в Москве за 2001–2021 гг. показал [13] (рис. 1, табл. 1):

- в среднем по городу дневная LST снизилась на  $-0,07$  °C/год (табл. 1);
- ночная LST напротив увеличилась на  $+0,03$  °C/год (табл. 1);
- в районах активной застройки (жилые и деловые кластеры) дневная LST выросла на  $+0,11$  °C/год, а ночная – на  $+0,05$  °C/год (табл. 1).

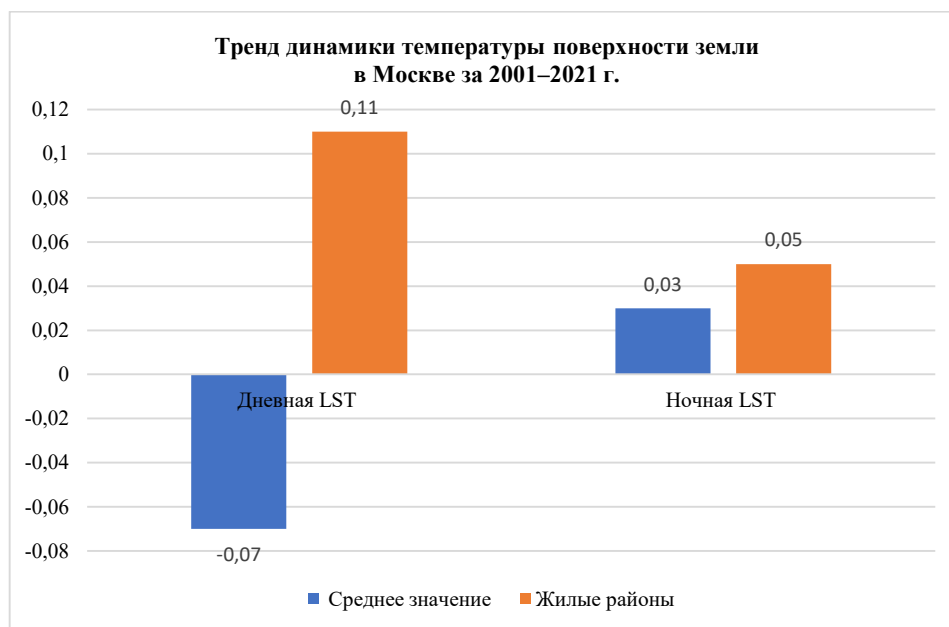


Рисунок 1 – Тренд динамики температуры поверхности Земли в Москве за 2001–2021 гг.

Это свидетельствует о развитии эффекта «городского острова тепла», при котором ночью сохраняется накопленное тепло, в то время как днем возможны охлаждающие эффекты за счет зеленых зон и водных массивов [9].

✓ Загрязнение воздуха (PM<sub>2.5</sub>) (табл. 2).

Таблица 1 – Динамика температуры поверхности земли (LST) в Москве (2001–2021) [16]

Параметр	Тренд (°C/год)	Комментарий
Дневная LST (среднее)	-0,07	Снижение, вероятно, за счет увеличения облачности
Ночная LST (среднее)	+0,03	Увеличение, эффект «острова тепла»
Дневная LST (жилые районы)	+0,11	Рост из-за плотной застройки
Ночная LST (жилые районы)	+0,05	Удержание тепла зданиями и асфальтом

Таблица 2 – Концентрации PM<sub>2.5</sub> в Москве (2018–2021) [16]

Год	Среднегодовое значение (µg/m <sup>3</sup> )	Норма ВОЗ (µg/m <sup>3</sup> )	Превышение
2018	13	10–15	На верхней границе
2019	12	10–15	Допустимый уровень
2020	11	10–15	Допустимый уровень
2021	11	10–15	Допустимый уровень

Данные мониторинга показали [14] (рис. 2):

– среднегодовой уровень PM<sub>2.5</sub> в 2020 году составил ≈ 11 µg/m<sup>3</sup>, что находится на верхней границе допустимого уровня по рекомендациям ВОЗ (≤ 10–15 µg/m<sup>3</sup>) (табл. 2);

– в периоды пиковых нагрузок (зима, отопительный сезон) уровень превышал санитарные нормативы.

✓ Устойчивость загрязняющих трендов.

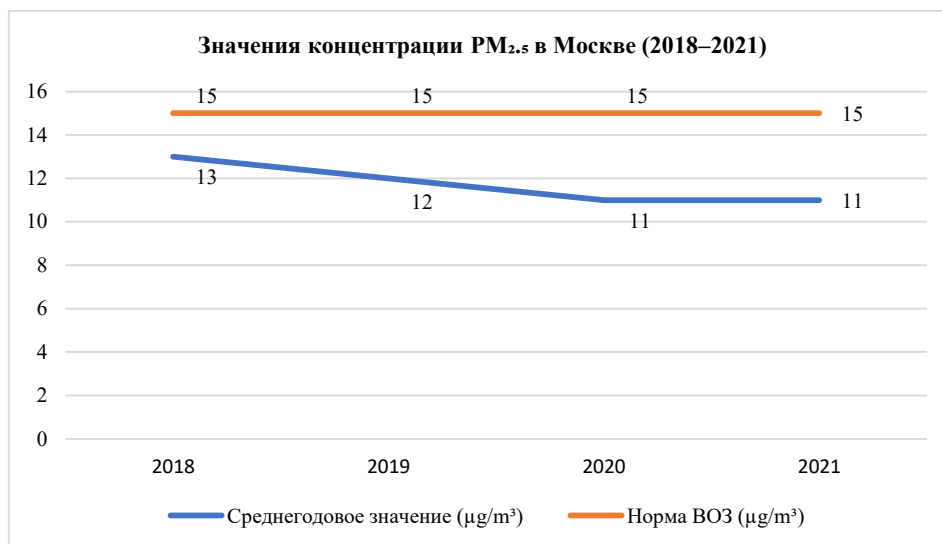


Рисунок 2 – Значение концентрации PM<sub>2.5</sub> в Москве (2018–2021)

Анализ временных рядов PM<sub>2.5</sub> в Москве (2018–2020 гг.) показал (табл. 2):

– индекс дифференцирования (d) составил 0,56 (95 % ДИ: 0,49–0,64);

– это указывает на умеренную устойчивость тренда загрязнения воздуха, т. е. загрязнения не исчезают быстро, но реагируют на долгосрочные меры регулирования (снижение выбросов транспорта, модернизация отопительных систем) [15].

Выводы практической части:

1. Температурные показатели демонстрируют асимметрию: снижение дневных LST и рост ночных свидетельствует о прогрессирующем тепловом эффекте города.

2. Загрязнение воздуха (PM<sub>2.5</sub>) сохраняется на верхней границе санитарных норм, что связано с транспортной нагрузкой и отопительными выбросами.

3. Тренды загрязнений обладают умеренной устойчивостью. Это означает, что при внедрении современных цифровых инструментов мониторинга и регулирования можно добиться улучшений в течение 3–5 лет.

4. Практическая апробация показала, что выбранная территория (пойма Москвы-реки и прилегающие кластеры) является репрезентативной для разработки и внедрения программных решений по экологическому моделированию.

#### **Заключение**

Исследование подтверждает, что геоэкологическая оценка территорий, основанная на дистанционном мониторинге и информационно-симуляционном моделировании, представляет собой трансформационный шаг в управлении окружающей средой. Дистанционное зондирование обеспечило непрерывный поток эмпирических данных, а моделирование позволило получить прогнозные данные. Реальные наборы данных выявили четкие закономерности: усиление тепловых островов, утрата растительности в транспортных коридорах и экологическое восстановление в пойменных парках. Прогнозные модели достигли высокой точности, а симуляционный движок продемонстрировал, как политические меры могут снизить риски.

Методологическая новизна заключается в воспроизводимом рабочем процессе и архитектуре программного обеспечения, которые в совокупности обеспечивают более быстрое обнаружение, повышенную чувствительность и поддержку принятия решений на основе сценариев по сравнению с традиционными методами. Прикладная значимость заключается в потенциальной интеграции таких систем в муниципальные агентства, региональное планирование и экологическую экспертизу, что, по сути, формирует «цифровые двойники» территорий.

Ограничения включают неопределенности в ассимиляции данных, упрощенную экологическую динамику и допущения о стационарности в моделях. Будущие исследования должны расширить модули биоразнообразия, включить социально-экономические факторы и проверить масштабируемость в различных климатических регионах.

В заключение сближение дистанционного мониторинга и информационно-симуляционного моделирования создает методологическую и практическую основу для адаптивной геоэкологической оценки, способной преобразовать наблюдения в управление в антропоцене.

#### **Список литературы**

1. Гринпис. Всемирный доклад о качестве воздуха 2023 года. 2024. URL: [https://www.greenpeace.org/static/planet4-india-stateless/2024/03/44a856c8-2023\\_world\\_air\\_quality\\_report.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-india-stateless/2024/03/44a856c8-2023_world_air_quality_report.pdf) (дата обращения: 02.09.2025).
2. Зеленский А., Иванов И., Петрова Н. и др. Моделирование концентраций PM<sub>2.5</sub> в Москве с использованием методов машинного обучения // *Atmospheric Pollution Research*. 2023. Т. 14, № 5. С. 112–123. DOI: 10.1016/j.apr.2023.03.005.
3. Кюнцер К., Деч С. Временные ряды дистанционного зондирования: раскрытие динамики земной поверхности. Springer. 2015. 350 с.
4. Фуди Г. М., Аткинсон П. М. Неопределенность в дистанционном зондировании и ГИС. CRC Press, 2002.
5. Юшкевич А. П. Моделирование геоэкологических процессов: теория и практика. Минск: БГУ, 2019. 254 с.
6. Тимофеев С., Федоров А., Кузнецов Д. и др. Анализ пространственного распределения температуры поверхности Земли в Москве с использованием данных спутников Sentinel-2 // *Геоинформатика*. 2022. Т. 26, № 4. С. 45–58. DOI: 10.1134/S2079970522040042.
7. Горбачев В. И., Каспаров А. К. Дистанционное зондирование Земли и моделирование природных процессов. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2021.
8. Лурье И. К. Геоинформационные системы в экологических исследованиях. Москва: Наука, 2020. 424 с.
9. Рахман М., Хасан М., Смит Дж. и др. Набор данных концентраций загрязняющих веществ (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO) и индекса качества воздуха (AQI) для Москвы // *Data in Brief*. 2024. Т. 45. С. 108–115. DOI: 10.1016/j.dib.2024.108115.
10. Сенсей Н., Харада М., Кимура Т. и др. Моделирование и прогнозирование загрязнения воздуха PM<sub>2.5</sub> с использованием глубоких нейронных сетей // *Environmental Modelling & Software*. 2023. Т. 162. С. 105–115. DOI: 10.1016/j.envsoft.2023.105115.
11. Шмидт В., Ковалев И., Иванова М. и др. Оценка воздействия эффекта «городского острова тепла» на микроклимат Москвы с использованием спутниковых данных // *Urban Climate*. 2023. Т. 43. С. 100–112. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.100112.
12. Васнев В., Гусева И., Соловьев А. и др. Прогнозирование эффекта «городского острова тепла» в Москве с использованием временных рядов спутниковых данных // *Science of the Total Environment*. 2021. Т. 758. С. 143–157. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143157.
13. Варенцов М., Мищенко С., Соловьев А. и др. Пространственные закономерности температурной аномалии, вызванной урбанизацией, на примере мегаполиса Москвы // *Ежегодная встреча Европейского геофизического союза (EGU2020)*. 2020. С. 15827. DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-15827.
14. Московский комитет по экологии. Оценка качества воздуха в Москве в 2020 году // Московский комитет по экологии. 2021. URL: <https://www.mos.ru/en/news/item/88457073> (дата обращения: 02.09.2025).

15. Кумар К., Шарма П., Сингх Р. и др. Прогнозирование загрязнения воздуха с использованием машинного обучения: исследование на примере 23 городов Индии // *Environmental Pollution*. 2022. Т. 300. С. 118–129. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118129.
16. Росгидромет. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». Москва: Минприроды России, 2023. 540 с.

#### References

1. *Greenpeace. Global Air Quality Report 2023*. 2024. URL: [https://www.greenpeace.org/static/planet4-india-stateless/2024/03/44a856c8-2023\\_world\\_air\\_quality\\_report.pdf](https://www.greenpeace.org/static/planet4-india-stateless/2024/03/44a856c8-2023_world_air_quality_report.pdf) (In Russ.).
2. Zelensky A., Ivanov I., Petrova N., et al. Modelling PM<sub>2.5</sub> concentrations in Moscow using machine learning methods. *Atmospheric Pollution Research*. 2023;14;5:112–123. DOI: 10.1016/j.apr.2023.03.005 (In Russ.).
3. Künzer K., Dech S. *Remote sensing time series: revealing the dynamics of the Earth's surface*. Springer; 2015:350 (In Russ.).
4. Fudi G. M., Atkinson P. M. *Uncertainty in remote sensing and GIS*. CRC Press, 2002 (In Russ.).
5. Yushkevich A. P. *Modelling of geo-ecological processes: theory and practice*. Minsk: BSU; 2019:254 (In Russ.).
6. Timofeev S., Fedorov A., Kuznetsov D. et al. Analysis of the spatial distribution of Earth's surface temperature in Moscow using Sentinel-2 satellite data. *Geoinformatics*. 2022;26;4:45–58. DOI: 10.1134/S207997052040042 (In Russ.).
7. Gorbachev V. I., Kasparov A. K. *Remote sensing of the Earth and modelling of natural processes*. St. Petersburg: St. Petersburg State University Press, 2021. (In Russ.).
8. Lurie I. K. *Geoinformation systems in environmental research*. Moscow: Nauka; 2020:424 (In Russ.).
9. Rakhman M., Hasan M., Smith J. et al. Dataset of pollutant concentrations (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, CO) and air quality index (AQI) for Moscow. *Data in Brief*. 2024;45:108–115. DOI: 10.1016/j.dib.2024.108115 (In Russ.).
10. Sensei N., Harada M., Kimura T. et al. Modelling and forecasting PM<sub>2.5</sub> air pollution using deep neural networks. *Environmental Modelling & Software*. 2023;162:105–115. DOI: 10.1016/j.envsoft.2023.105115 (In Russ.).
11. Schmidt V., Kovalev I., Ivanova M. et al. Assessment of the impact of the urban heat island effect on the microclimate of Moscow using satellite data. *Urban Climate*. 2023;43:100–112. DOI: 10.1016/j.uclim.2023.100112 (In Russ.).
12. Vasenev V., Guseva I., Solovyov A. et al. Forecasting the urban heat island effect in Moscow using time series of satellite data. *Science of the Total Environment*. 2021;758:143–157. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143157 (In Russ.).
13. Varenstov M., Mishchenko S., Solovyov A., et al. Spatial patterns of temperature anomalies caused by urbanisation, using the example of the Moscow megalopolis. *Annual Meeting of the European Geosciences Union (EGU2020)*; 2020:15827. DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-15827 (In Russ.).
14. Moscow Committee on Ecology. Assessment of air quality in Moscow in 2020. *Moscow Committee on Ecology*. 2021. URL: <https://www.mos.ru/en/news/item/88457073> (In Russ.).
15. Kumar K., Sharma P., Singh R. et al. Predicting air pollution using machine learning: a study of 23 cities in India. *Environmental Pollution*. 2022;300:118–129. DOI: 10.1016/j.envpol.2021.118129 (In Russ.).
16. *Roshydromet. State Report «On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2022»*. Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; 2023:540 (In Russ.).

#### Информация об авторах

Иванова Е. Ю. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук;  
Кухтенков Д. А. – аспирант кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук.

#### Information about the authors

Ivanova E. Yu. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Geography, Geocology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences;  
Kukhtenkov D. A. – graduate student of the Department of Geography, Geocology and Environmental Management, Faculty of Natural.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.09.2025; одобрена после рецензирования 29.09.2025; принята к публикации 15.10.2025.

The article was submitted 15.09.2025; approved after reviewing 29.09.2025; accepted for publication 15.10.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 66–72.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):66–72 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 546.49:599.365+504.5(470+575.12)  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.010>

**РТУТЬ В МЫШЦАХ УШАСТЫХ ЕЖЕЙ *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770)  
ИЗ РАЙОНОВ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЮЖНОЙ ФЕРГАНЕ**

Жулидов Александр Васильевич<sup>1</sup>, Липкович Александр Давидович<sup>2</sup>,  
Кожара Александр Владимирович<sup>3</sup>, Шевердяев Игорь Викторович<sup>4</sup>, Гуртовая Татьяна  
Юрьевна<sup>5</sup>✉

<sup>1, 4, 5</sup>Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону,  
Россия

<sup>2</sup>Ростовский биосферный заповедник, Ростовский-на-Дону зоопарк, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup>Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>1</sup>[Al.Zhulidov@mail.ru](mailto:Al.Zhulidov@mail.ru)

<sup>2</sup>[alexandr.lipkovitch@yandex.ru](mailto:alexandr.lipkovitch@yandex.ru)

<sup>3</sup>[akozhara@mail.ru](mailto:akozhara@mail.ru)

<sup>4</sup>[ig71089@yandex.ru](mailto:ig71089@yandex.ru)

<sup>5</sup>[tanya@cppis.ru](mailto:tanya@cppis.ru)✉

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований содержания ртути в мышечной ткани самцов ушастых ежей *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770) в местах ее современной добычи – в Южной Фергане (в Узбекистане и Киргизии) и в районе Никитовского месторождения ртути (Горловка, ДНР), а также в фоновых биотопах: в юго-западной части Прикаспийской низменности, в междуречье Терека и Кумы и в Южной Фергане (для Южной Ферганы приводятся также данные по местам средневековых разработок ртути). Приведены также данные по содержанию ртути в поверхностных слоях почв в изученных биотопах. Показано, что уровни содержания ртути в мышцах самцов ушастых ежей и в поверхностных слоях почв в фоновых биотопах (а также в местах средневековой добычи ртути) значительно ниже, чем в местах ее современной добычи.

**Ключевые слова:** ртуть, экосистемы, ушастый еж, РФ, Южная Фергана

**Благодарности:** публикация подготовлена в соответствии с темой № 1 Государственного задания Биосферного заповедника «Ростовский», в рамках реализации Государственного задания ЮНЦ РАН (№ гр. проектов 125011200143-4, 125040404857-4), а также Государственного задания Института биологии внутренних вод РАН (№ 124032100075-5).

**Для цитирования:** Жулидов А. В., Липкович А. Д., Кожара А. В., Шевердяев И. В., Гуртовая Т. Ю. Ртуть в мышцах ушастых ежей *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770) из районов с разной степенью ртутного загрязнения в Российской Федерации и Южной Фергане // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 66–72. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.010>.

**MERCURY IN MUSCLES OF COMMON LONG-EARED HEDGEHOGS *Hemiechinus auritus*  
(S.G. Gmelin, 1770) FROM AREAS WITH VARIOUS LEVEL OF MERCURY  
CONTAMINATION IN THE RUSSIAN FEDERATION AND SOUTH FERGHANA**

Alexander V. Zhulidov<sup>1</sup>, Alexander D. Lipkovich<sup>2</sup>, Alexander V. Kozhara<sup>3</sup>, Igor V. Sheverdyayev<sup>4</sup>,  
Tatiana Yu. Gurtovaya<sup>5</sup>✉

<sup>1, 4, 5</sup>Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of the Russian, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>State Nature Biosphere Reserve "Rostovskiy, Rostov Zoo, Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup>I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

<sup>1</sup>[Al.Zhulidov@mail.ru](mailto:Al.Zhulidov@mail.ru)

<sup>2</sup>[alexandr.lipkovitch@yandex.ru](mailto:alexandr.lipkovitch@yandex.ru)

<sup>3</sup>[akozhara@mail.ru](mailto:akozhara@mail.ru)

<sup>4</sup>[ig71089@yandex.ru](mailto:ig71089@yandex.ru)

<sup>5</sup>[tanya@cppis.ru](mailto:tanya@cppis.ru)✉

**Abstract.** The article presents the results of studies on mercury content in muscle tissue of males of common long-eared hedgehog (*Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770)) in the sites of modern Hg mining – in South Fergana (in Uzbekistan and Kyrgyzstan) and in the area of the Nikitovskoye mercury deposit (Gorlovka, DPR), as well as in background

biotopes: in the southwestern part of the Caspian Depression, in the interfluvium of the Terek and Kuma rivers and in South Fergana (for South Fergana authors also provided data on the sites of medieval mercury mining). The data on mercury levels in the surface layers of soils in the studied biotopes are also presented. The article shows that levels of mercury concentration in the muscles of males of *Hemiechinus auritus* and in the surface layers of soils in background biotopes (as well as in sites of medieval mercury mining) are significantly lower than in sites of modern mining.

**Keywords:** mercury, ecosystems, common long-eared hedgehog, RF, South Fergana

**Acknowledgements:** this publication is prepared in accordance with the research topic № 1 of state assignment of the «Rostovskiy» State Nature Biosphere Reserve, within the framework of the state research assignment of the Scientific Research Centre of the Russian Academy of Sciences (№ of projects 125011200143-4, 125040404857-4), as well as the state research assignment of the Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (№ of project 124032100075-5).

**For citation:** Zhulidov A. V., Lipkovich A. D., Kozhara A. V., Sheverdyayev I. V., Gurtovaya T. Yu. Mercury in the Muscles of Common Long-Eared Hedgehogs *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770) from Areas with Various Level of Mercury Contamination in the Russian Federation and South Fergana. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):66–72. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.010> (In Russ.).

## Введение

**Современное распространение.** Ушастый еж *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770) – единственный представитель рода, обитающий в Европе, на Ближнем Востоке и Центральной Азии и аллопатричный по отношению к индийскому ушастому ежу *H. collaris* (Gray, 1830) [21].

Ареал *H. auritus* простирается от прибрежной Северо-Восточной Африки (северо-восток Ливии и Египет) и Северного Синая [25] до Юго-Восточной Европы и Азии. На Ближнем Востоке он охватывает сухие степи и полупустыни между Анатолийским нагорьем и Кавказскими горами на севере и Аравийской пустыней на юге, включая Израиль, западную Иорданию, Сирию, Ирак, Кувейт, побережье Красного моря в Саудовской Аравии, юго-восточную и восточную Турцию, Армению и Азербайджан [19]. Далее на восток ушастый еж встречается в Иране и Афганистане, доходя до Западного Пакистана (Белуджистан). Ушастый еж распространен в Средней Азии и Казахстане и встречается также в юго-западной Сибири (верховья рек Иртыш, Обь и Енисей), в западной и южной Монголии и северном Китае вплоть до реки Хуанхэ и плато Цинхай-Сицзан (Тибет) [29].

В Европе *H. auritus* обитает на юге РФ и на востоке бывшей УССР. В конце XX в. юго-западная граница его ареала проходила по линии: Махачкала – Грозный – Георгиевск – Безопасное – Бейсугский лиман Азовского моря – северо-восточное побережье Азовского моря (до Мариуполя). На севере граница ареала доходила до Харькова, а затем поворачивала на восток. В настоящее время северная граница ареала по-прежнему проходит по югу Воронежской, северу Волгоградской, Саратовской, югу Самарской, Оренбургской областей, югу Башкортостана и далее на северо-восток до Челябинска. За последние 70 лет ареал сократился и сместился на восток и юг примерно на 300 км [4, 21].

**Среда обитания.** Ушастые ежи встречаются в основном в степных и полупустынных биотопах, а также в прилегающих колковых лесах и садах [9]; в песчаных и глинистых пустынях они практически отсутствуют [13, 18, 21, 27], но в Китае встречаются в песчаных дюнах [15]. На Ближнем Востоке их ареал в основном ограничен территориями, где выпадает 100–400 мм осадков [13], но иногда они заходят на орошаемые поля и на речные луга [11, 13, 24].

Поскольку ушастые ежи роют норы, то они предпочитают мягкий грунт. С. И. Огнев [8] указывал, что *H. auritus* могут селиться среди камней, что мы и видели в Южной Фергане (Киргизия, Узбекистан) и в районе Никитовского ртутного комбината (Горловка, ДНР), где они заселяют пустоты скалистых участков и заброшенные шахтные выработки. Ушастые ежи относительно оседлы и слабо мигрируют, что делает их удобными объектами для биоиндикационных исследований.

**Питание.** Ушастый еж является эврифагическим хищником эпигейных беспозвоночных [21]. Жуки были найдены во всех изученных желудках *H. auritus* из степей Закавказья [9]. Наиболее частой добычей были Tenebrionidae; Scarabaeidae; Chrysomelidae; Curculionidae; Cerambycidae; Cantharidae (в частности, *Lytta vesicatoria*); Vuprestidae и Carabidae. Важное место в питании могут занимать Chilopoda, Orthoptera и Lepidoptera, как, например, в полупустынях Закавказья, где они были обнаружены в желудках у 70–80 %, а муравьи (Hymenoptera) – в желудках у 25 % ушастых ежей [9]. В Туркменистане термиты (Termitoidea) были обнаружены в желудках у 28,5 % *H. auritus*. Они также поедают Diptera, Neuroptera, Hemiptera, моллюсков (Helicidae) и пауков (Aranea) [21].

Доля позвоночных в желудках ушастых ежей варьирует от полного отсутствия, как, например, в некоторых районах Кавказа [9, 21] до примерно 20 % [21]. Растительные остатки также встречались в желудках *H. auritus* [9, 12, 14, 25].

**Районы исследований.** Образцы почв и мышц самцов *H. auritus* были собраны в следующих районах (рис.):

1. В древних местах добычи ртути (Южная Фергана, добыча осуществлялась до 1300 г. н. э.) и в современных районах ее добычи (Южная Фергана, бывшие рудники Чаувай и Чонкой, действующий комбинат «Хайдаркан» [3, 26]).

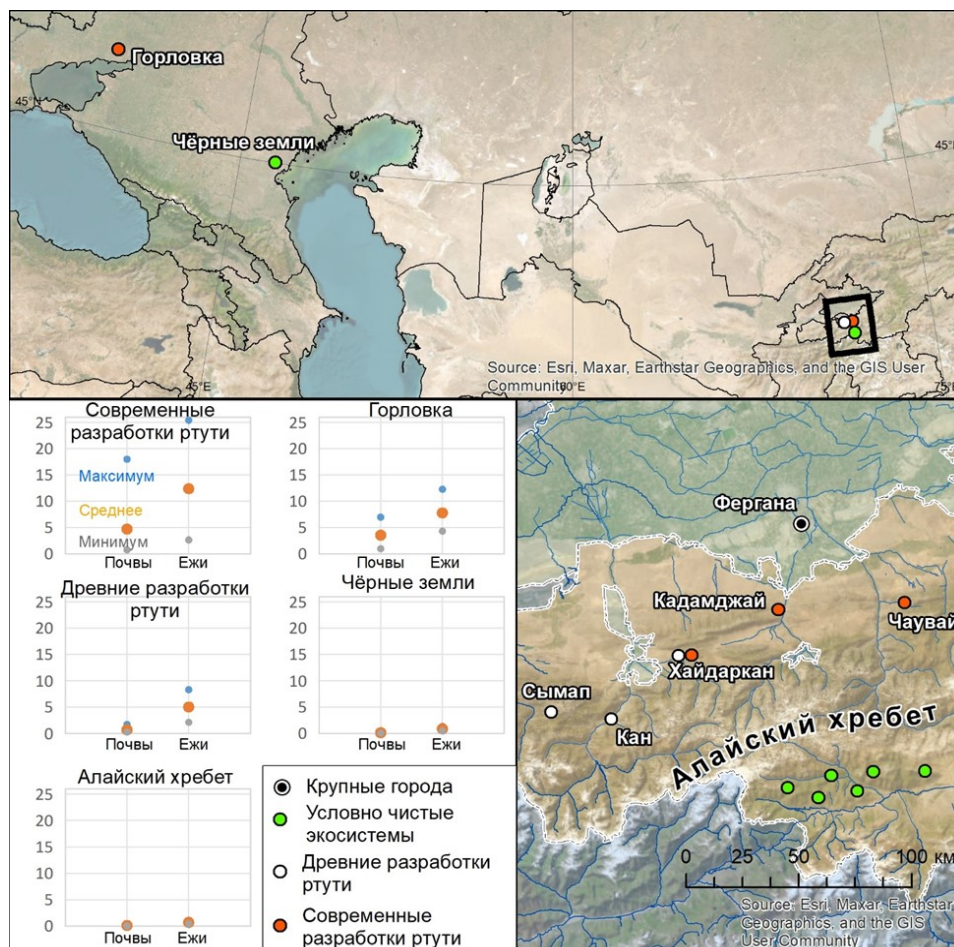


Рисунок – Схема районов исследований и содержание Hg в поверхностном слое почв и мышцах ушастых ежей (*Hemiechinus auritus*) в экосистемах южной Ферганы (в том числе Алайского хребта), Прикаспийской низменности (Черные земли, Ногайские степи) и Донбасса (Горловка), мкг/г сухой массы.

2. В районе Никитовского месторождения ртути (Донбасс, Горловка, ДНР), где в результате выхода по трещинам к поверхности земной коры термальных растворов происходило заполнение аргиллитов, алевролитов, песчаников, известняков, угольных и других пород ртутью [2]. В состав Никитовского месторождения ртути входят 8 ее месторождений, три из которых стали разрабатываться карьерным способом с 1885–1886 гг., после того как горным инженером А. В. Миненковым в 1879 г. здесь была обнаружена киноварь (сульфид ртути) и в 1885 г. профессором Петербургского горного института А. А. Ауэрбахом было учреждено Акционерное общество «Ртутное дело А. Ауэрбаха и К<sup>о</sup>». Об открытии А. В. Миненков сообщил в печати в 1881 г., указав, что в некоторых местах имеются отвалы древних разработок ртути. Предполагалось, что эти горные работы проводились в каменном веке, так как в старых выработках были найдены каменные молотки и обломки пород с вкраплениями киновари, но отсутствовали признаки термической обработки пород для получения ртути. Это могло говорить о том, что здесь добывали киноварь в качестве пигмента для краски [2, 10, 6]. В 1895 г. количество добываемой здесь ртути достигало 424 тонн [10]. Добыча ртути и геологоразведочные работы (до глубины 500 м) продолжались в основном с 1920-х гг., и особенно с 1968 г. – в период интенсивной работы Никитовского ртутного комбината (а также металлургического завода, построенного в 1886 г.) и до конца 1990-х гг. [1, 5]).

Добыча ртути за период с 1921 г. составляла [5]: в 1921 г. – 3,2 т; в 1925–1926 гг. – 129 т; в 1929 г. – 150–160 т.; в 1936 г. – 405,5 т; в 1937 г. – 407,8 т; в 1938 г. – 363,2 т; в 1942–1943 гг.

за время немецкой оккупации Горловки в Германию было вывезено 100–120 т; в 1981 – 613 т; в 1982 – 559 т; в 1983 – 554 т; в 1984 – 533 т; в 1985 – 547 т; в 1986 – 555 т; в 1987 – 556 т; в 1988 – 460 т; в 1989 – 588 т; в 1991 – 412 т; в 1992 – 333 т; в 1993 – 150 т; в 1994 – 42 т; в 1995 – 93 т; в 1996 – 2,5–3,4 т (с мая 1996 г. Никитовский ртутный комбинат признан банкротом); в 1997 – 4,1 т; в 1998 – 6 т; в 1999 – 8 тонн. Всего на Никитовском ртутном комбинате было добыто 35 тыс. тонн ртути [7].

3. В условно чистых экосистемах – в южной Фергане, в юго-западной части Прикаспийской низменности (низовья Кумы и Волги, на территории Черных земель) и в Ногайских степях (междуречье Терека и Кумы – от восточных склонов Ставропольской возвышенности до берегов Каспия; по Куме Ногайские степи граничат с Черными землями – на рисунке Черные земли и Ногайские степи обозначены единым названием «Черные земли», чтобы не перегружать рисунок).

#### Материал и методы исследования

В период с 1988 по 1999 г. в вышеуказанных районах были отобраны пробы мышечной ткани самцов ушастых ежей (масса тела 267–383 г, длина тела 147–186 мм) и верхних слоев почв (0–50 см), которые были доставлены в пластиковых контейнерах в лабораторию и заморожены.

Образцы были обработаны и проанализированы в соответствии с процедурами, описанными в предыдущих исследованиях [26, 30]. Время от заморозки до начала обработки не превышало 4 месяцев, что минимизировало возможную потерю ртути из образцов. Работы проводились в чистом помещении с использованием оборудования, предварительно очищенного концентрированным раствором  $\text{HNO}_3$  и 6-молярной  $\text{HCl}$ ; все используемые вещества были класса (analytical grade) ОСЧ. Рабочие эталоны для  $\text{Hg}$  (II) готовили ежедневно путем разведения стандартного раствора с концентрацией 1 000 мг/л (Certi PUR, Merck, Германия) в 2-молярной  $\text{HNO}_3$ .

Образцы почв выдерживались в растворе  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$  при температуре 90 °С в течение 2 часов с последующей обработкой  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Извлеченную  $\text{Hg}$  восстанавливали хлоридом или сульфатом олова и определяли при длине волны 253,7 нм (предел обнаружения  $\text{Hg} = 0,005$  мкг/г) с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара (анализатор ртути Perkin Elmer Coleman Mas-50 или спектрофотометр VARIAN AA-475). Содержание  $\text{Hg}$  выражали в пересчете на сухую массу.

Коэффициент вариации для повторных проб составил менее 9 %. Сертифицированные эталонные материалы (СЭМ) для определения общего содержания ртути (ТНг) были получены от Национального исследовательского совета Канады, Национального института стандартов и технологий США (NIST) и Международного агентства по атомной энергии в Монако (диапазон СЭМ: от 0,061 до 4,64 мкг/г). Измеренные значения СЭМ составляли 8–9 % от величины СЭМ. Дублирующие образцы и холостые пробы анализировались после каждых ~12 проб и варьировали в пределах 5–7 % от значений в пробах. Перед статистическим анализом повторяющиеся значения усреднялись. Процедуры контроля качества (QA/QC) включали анализ СЭМ, дублирующих образцов и холостых проб.

После размораживания навески мышц ушастых ежей массой 0,3–0,4 г (при натуральной влажности) перед анализом в течение 2 часов гомогенизировали в 5 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3$  (4:1 по объему) при температуре 85–90 °С с последующей обработкой  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$  [16]. Измерения ТНг проводили в образцах сырых мышц с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии холодного пара [20, 23, 28] при длине волны 253,7 нм. Для всех образцов восстановление  $\text{Hg}$  достигалось добавлением хлорида или сульфата олова [22]. Процедуры QA/QC включали анализ набора СЭМ для ТНг, разработанных Национальным исследовательским советом Канады, NIST и Международным агентством по атомной энергии в Монако (диапазон СЭМ: 0,061–4,64 мкг/г влажной массы). Измеренные значения СЭМ варьировали в пределах  $\pm 7$ –9 % от величины СЭМ. Процедуры обеспечения/контроля качества также включали анализ дублирующих образцов и повторных холостых проб, который выполнялся примерно через каждые 12 образцов. Повторные анализы одной и той же рабочей или холостой пробы варьировали в пределах  $\pm 8$  %. Предел обнаружения ТНг в описанном методе составляет 0,005 мкг/г сырой массы образца [26]. После определения ртути значения ее содержания на единицу сырой массы были преобразованы в концентрации на единицу сухой массы посредством деления на долю сухого вещества в сырой навеске. По нашим оценкам, этот коэффициент для размороженных образцов мышц ушастых ежей составлял 0,27. Это преобразование позволяло сравнивать концентрации ртути в пересчете на сухую массу для всех типов образцов [26].

#### Результаты исследований

Содержание ртути в поверхностном слое почв (сероземы суглинистые с примесью щебня на территории Южной Ферганы и на других территориях (в мкг/г сухой массы (с.м.)) графически показано на рисунке.

Наивысшие концентрации Hg в почвах отмечены в районах современной добычи ртути (пос. Сох, рудник Хайдаркан; пос. Чаувай, ртутно-обогатительная фабрика; пос. Кадамжай; г. Фергана, Маргилансай). Содержание ее в почвах (23 пробы) варьировало от 0,80 до 18, а в районе Никитовского ртутного комбината содержание ртути в поверхностных слоях почв (7 проб) составляло от 1,0 до 7 мкг/г с.м.

В районах древних разработок ртути (пос. Хайдаркан, Киргизия; урочище Сымап, Алайский хребет, Узбекистан, Киргизия) ее содержание в почвах (14 проб) колебалось от 0,26 до 1,5 и было ниже, чем в местах современной добычи, но выше, чем в условно чистых биотопах (18 проб с содержанием ртути от 0,05 до 0,38 мкг/г с.м.), не подверженных непосредственному загрязнению ртутью (типчаково-полянские степи на юго-востоке Алайского хребта; Черные земли в юго-западной части Прикаспийской низменности и Ногайские степи в междуречье Терека и Кумы (рис.)).

Содержание ртути в верхних слоях почв в современных местах ее добычи в Ферганской долине превышало среднемировые ее концентрации в верхних слоях почв (0,06–0,10 мкг/г с.м.) в 10–150 раз и в 4–19 раз – в древних и старых местах ее добычи, при том, что концентрации ртути в верхнем слое почв на фоновых участках были близки к среднемировым значениям [17, 26].

**Содержание ртути в мышечной ткани самцов ушастых ежей** в южной Фергане (мкг/г с.м.):

Аналогично ситуации с почвами, наивысшая концентрация ртути в мышцах ушастых ежей наблюдается в районах ее современной добычи, как в Южной Фергане, так и в районе Никитовского ртутного комбината (13 проб) и колебалась от 2,67 до 20,5. В районах древних разработок содержание ртути (в 7 пробах) было значительно ниже (от 2,12 до 8,32 мкг/г с.м.) (рис.).

В районах, не подверженных непосредственному загрязнению ртутью (условно чистые экосистемы Алайского хребта, Черных земель и Ногайских степей), среднее содержание ртути в мышцах ежей (14 проб) было самым низким, составляя от 0,45 до 1,35 мкг/г с.м.

Высокие уровни ртути в экосистемах Южной Ферганы в районах ее современной добычи и переработки (а также в районе Никитовского ртутного комбината) являются результатом ее поступления в процессе эксплуатации рудников и предприятий по переработке ртутной руды [3, 26]. Ртуть из «хвостохранилищ» в конечном итоге попадает в прилегающие экосистемы, включая живые организмы [26].

Во всех случаях ртутного загрязнения содержание ртути в мышцах ежей значительно превышает ее концентрацию в почвах (рис. 1). Тем не менее нужно учитывать, что биомагнификация ртути в аридных экосистемах (как на юге Ферганской долины, так и в нарушенных экосистемах в районе Никитовского ртутного комбината) может быть понижена за счет более коротких (и трансформированных) пищевых цепей, тем более что укорочение пищевых цепей в аридных районах не является редкостью [26].

#### Список литературы

1. Багатаев Р. М. Новые данные о рудных телах и совершенствование методов разведки Никитовских месторождений ртути // Горный журнал. 1991. № 5. С. 39–42.
2. Багатаев Р. М., Роговой В. М. Геологическое изучение и освоение Никитовских ртутных месторождений Донбасса (Украина). Москва: Научный мир, 2011. 182 с.
3. Жулидов А. В., Кожара А. В., Гуртовая Т. Ю. Ртуть в экосистемах южной Ферганы: историческое наследие и современность // Куражские чтения: IV Международная научно-практическая конференция (Астрахань, 9–10 октября 2025) (в печати).
4. Липкович А. Д. Ушастый еж *Hemiechinus auritus* (Gmelin, 1770) // Красная книга Ростовской области Т. 1. Животные / Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. Изд. 3-е. Ростов-на-Дону; Белгород: Константа, 2024. 292 с.
5. Никитовский ордена Трудового Красного Знамени ртутный комбинат // Шахты та рудники Донбасу. URL: <https://www.donmining.info/2014/05/3.html> (дата обращения: 08.09.2025).
6. Никитовское ртутное месторождение (Донбасс). Геологический очерк // Сайт проекта «Рисунки Минералы». URL: <https://mindraw.web.ru/minel1a.htm> (дата обращения: 08.09.2025).
7. Никитовское (Hg) рудное поле (месторождение), Центральный Донбасс, Донецкая область, Европейская часть, Россия // Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья. URL: <https://webmineral.ru/deposits/item.php?id=43> (дата обращения: 08.09.2025).
8. Огнев С. И. Звери Восточной Европы и Северной Азии. Москва – Ленинград: Главнаука, 1928. Т. 1. С. 122–142.
9. Соколов В. Е. Темботов А. К. Млекопитающие Кавказа: Насекомоядные. Москва: Наука, 1989. С. 147–191.
10. Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. «Россия». Санкт-Петербург, 1898 (ротапринтное переиздание): Ленгиздат, 1991.
11. Al-Sheikhly O. F., Haba M. K., Barbanera F., et al. Checklist of the mammals of Iraq (Chordata: Mammalia) // Bonn Zoological Bulletin. 2015. Vol. 64. P. 33–58.
12. Bate D. The mammals of Cyprus // Proceedings of the Zoological Society of London. 1903. P. 341–348.
13. Benda P., Obuch J. Notes on the distribution of hedgehogs (Insectivora: Erinaceidae) in Syria // Lynx, new series. 2001. Vol. 32 (1). P. 45–53.

14. Boye P. Notes on the morphology, ecology and geographic origin of the Cyprus long-eared hedgehog (*Hemiechinus auritus dorotheae*) // *Bonner zoologische Beiträge*. 1991. Vol. 42. P. 115–123.
15. Chen L., Wu J., Wang F. Ecology and population status of long eared hedgehog // *Proceedings of the 3rd International Conference on Economy Development and Social Sciences Research (EDSSR 2020)* (18th–19th October 2020, Kuching, Sarawak, Malaysia). Francis Academic Press, 2020. P. 443–446.
16. Evans M. S., Lockhart W. L., Doetzel L. et al. Elevated mercury concentrations in fish in lakes in the Mackenzie River Basin: The role of physical, chemical, and biological factors // *Science of The Total Environment*. 2005. Vol. 351–352. P. 479–500.
17. Gworek B., Dmuchowski W., Baczevska-Dąbrowska A.H. Mercury in the terrestrial environment: a review // *Environmental Science Europe*. 2020. Vol. 32. P. 128.
18. Happold D. *Hemiechinus auritus* Long-eared hedgehog. *Mammals of Africa, Volume IV Hedgehogs, Shrews and Bats* / Eds.: M. Happold, D. C. D. Happold. London, UK: Bloomsbury Publishing, 2013. P. 37–38.
19. Harrison D. L., Bates P. J. J. *The mammals of Arabia*. Sevenoaks, UK: Harrison Zoological Museum Publ., 1991. 354 p.
20. Hendzel M. R., Jamieson D. M. Determination of mercury in fish // *Analytical Chemistry*. 1976. Vol. 48 (6). P. 926–928.
21. Kryštufek B., Lipkovitch A. D. Common Long-eared Hedgehog *Hemiechinus auritus* (S. G. Gmelin, 1770) // *Handbook of the Mammals of Europe* / Eds.: K. Hacklander, F. Zakos. Springer International Publishing, 2026 (in press).
22. Lockhart W. L., Stern G. A., Low G. et al. A history of total mercury in edible muscle of fish from lakes in northern Canada // *The Science of the Total Environment*. 2005. Vol. 351–352. P. 427–463.
23. National Laboratory for Environmental Testing. *Schedule of Services* // National Water Research Institute. Ontario, Canada: Environment Canada, 2003.
24. Niethammer J. Zur Kenntnis der Igel (Erinaceidae) Afghanistans // *Zeitschrift für Säugetierkunde*. 1973. Vol. 38. P. 271–276.
25. Osborn D. J., Helmy I. *The contemporary land mammals of Egypt (including Sinai)*. Chicago, Ill: Field Museum of Natural History, 1980. 579 p.
26. Pelletier A. R., Zhulidov A. V., Kozhara A. V. et al. Legacy Contamination from Mercury Mining in the Fergana Valley Region of Central Asia // *Chemical Health & Safety*. 2024. Vol. 31 (1). P. 68–76.
27. Qumsiyeh M. B. *Mammals of the Holly Land*. Lubbock, Texas: Texas Tech. University Press, 1996.
28. Trebacz E., Boila G., Wagemann R. *Analytical Methods Manual: Metals in Tissues / Fisheries and Oceans Canada (DFO)*. Winnipeg, Canada: Freshwater Institute Publ., 1998. Vol. 7.
29. Zhang Y. Z., Jin S. K., Quan G. Q. et al. *Distribution of Mammalian Species in China*. Beijing, China: China Forestry Publishing House, 1997. 328 p.
30. Zhulidov A. V., Robarts R. D., Pavlov D. F. et al. Long-term changes of heavy metal and sulphur concentrations in ecosystems of the Taymyr Peninsula (Russian Federation) north of the Norilsk Industrial Complex // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011. Vol. 181. P. 539–553.

#### References

1. Bagataev R. M. New data on ore bodies and improvement of exploration methods of the Nikitovsk mercury deposits. *Mining Journal*. 1991;5:39–42 (In Russ.).
2. Bagataev R. M., Rogovoy V. M. *Geological study and development of the Nikitovsk mercury deposits of Donbass* (Ukraine). Moscow: Scientific World: 2011:182 (In Russ.).
3. Zhulidov A. V., Kozhara A. V., Gurtovaya T. Yu. Mercury in the ecosystems of southern Fergana: historical heritage and modernity. *Kurazhsk Readings: IV International Scientific and Practical Conference (Astrakhan, October 9–10, 2025)* (in press) (In Russ.).
4. Lipkovich A. D. Long-eared hedgehog *Hemiechinus auritus* (Gmelin, 1770). *Red Data Book of the Rostov Region. Vol. 1. Animals*. Ministry of Natural Resources and Environment of the Rostov Region. 3rd ed. Rostov-on-Don; Belgorod: Konstanta: 2024:292 (In Russ.).
5. Nikitovsky Order of the Red Banner of Labor Mercury Plant. *Mines and Rudniki of Donbass*. URL: <https://www.donmining.info/2014/05/3.html> (accessed 08.09.2025) (In Russ.).
6. Nikitovsky mercury deposit (Donbass). Geological review. *Website of the Risuya Minerals project*. URL: <https://mindraw.web.ru/mine11a.htm> (accessed 08.09.2025) (In Russ.).
7. Nikitovskoye (Hg) ore field (deposit), Central Donbass, Donetsk region, European part, Russia. *Minerals and deposits of Russia and neighboring countries*. URL: <https://webmineral.ru/deposits/item.php?id=43> (accessed 08.09.2025) (In Russ.).
8. Ognev S. I. *Animals of Eastern Europe and Northern Asia*. Moscow – Leningrad: Glavnauka, 1928;1 :122–142 (In Russ.).
9. Sokolov V. E., Tembotov A. K. *Mammals of the Caucasus: Insectivores*. Moscow: Nauka; 1989:147–191. (In Russ.).
10. *Encyclopedic Dictionary of F.A. Brockhaus and I.A. Efron. «Russia»*. St. Petersburg, 1898 (rotaprint reprint): Lenizdat, 1991 (In Russ.).
11. Al-Sheikhly O. F., Haba M. K., Barbanera F. et al. Checklist of the mammals of Iraq (Chordata: Mammalia). *Bonn Zoological Bulletin*. 2015;64:33–58.
12. Bate D. The mammals of Cyprus. *Proceedings of the Zoological Society of London*; 1903:341–348.
13. Benda P., Obuch J. Notes on the distribution of hedgehogs (Insectivora: Erinaceidae) in Syria. *Lynx, new series*. 2001;32(1):45–53.

14. Boye P. Notes on the morphology, ecology and geographic origin of the Cyprus long-eared hedgehog (*Hemiechinus auritus dorotheae*). *Bonner zoologische Beiträge*. 1991;42:115–123.
15. Chen L., Wu J., Wang F. *Ecology and population status of long eared hedgehog*. Proceedings of the 3rd International Conference on Economy Development and Social Sciences Research (EDSSR 2020) (18th–19th October 2020, Kuching, Sarawak, Malaysia). Francis Academic Press; 2020:443–446.
16. Evans M. S., Lockhart W. L., Doetzel L. et al. Elevated mercury concentrations in fish in lakes in the Mackenzie River Basin: The role of physical, chemical, and biological factors. *Science of the Total Environment*. 2005;351–352:479–500.
17. Gworek B., Dmuchowski W., Baczevska-Dąbrowska A. H. Mercury in the terrestrial environment: a review. *Environmental Science Europe*. 2020;32:128.
18. Happold D. *Hemiechinus auritus* Long-eared hedgehog. Mammals of Africa, Volume IV Hedgehogs, Shrews and Bats. Eds.: M. Happold, D. C. D. Happold. L. London, UK: Bloomsbury Publishing; 2013:37–38.
19. Harrison D. L., Bates P. J. J. *The mammals of Arabia*. Sevenoaks, UK: Harrison Zoological Museum Publ.; 1991:354.
20. Hendzel M. R., Jamieson D. M. Determination of mercury in fish. *Analytical Chemistry*. 1976;48(6):926–928.
21. Kryštufek B., Lipkovitch A. D. Common Long-eared Hedgehog *Hemiechinus auritus* (S. G. Gmelin, 1770). *Handbook of the Mammals of Europe*. Eds.: K. Hacklander, F. Zakos. Springer International Publishing, 2026 (in press).
22. Lockhart W. L., Stern G. A., Low G. et al. A history of total mercury in edible muscle of fish from lakes in northern Canada. *The Science of the Total Environment*. 2005;351–352:427–463.
23. National Laboratory for Environmental Testing. Schedule of Services. *National Water Research Institute*. Ontario, Canada: Environment Canada, 2003.
24. Niethammer J. Zur Kenntnis der Igel (Erinaceidae) Afghanistans. *Zeitschrift für Säugetierkunde*. 1973;38:271–276.
25. Osborn D. J., Helmy I. *The contemporary land mammals of Egypt* (including Sinai). Chicago, Ill: Field Museum of Natural History; 1980:579.
26. Pelletier A. R., Zhulidov A. V., Kozhara A. V. et al. Legacy Contamination from Mercury Mining in the Fergana Valley Region of Central Asia. *Chemical Health & Safety*. 2024;31(1):68–76.
27. Qumsiyeh M. B. *Mammals of the Holly Land*. Lubbock, Texas: Texas Tech. University Press, 1996.
28. Trebacz E., Boila G., Wagemann R. *Analytical Methods Manual: Metals in Tissues*. Winnipeg, Canada: Freshwater Institute Publ.; 1998:7.
29. Zhang Y. Z., Jin S. K., Quan G. Q. et al. *Distribution of Mammalian Species in China*. Beijing, China: China Forestry Publishing House; 1997:328.
30. Zhulidov A. V., Robarts R. D., Pavlov D. F. et al. Long-term changes of heavy metal and sulphur concentrations in ecosystems of the Taymyr Peninsula (Russian Federation) north of the Norilsk Industrial Complex. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011;181:539–553.

#### Информация об авторах

Жулидов А. В. – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;  
Липкович А. Д. – кандидат биологических наук, заместитель директора по научной работе;  
Кожара А. В. – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник;  
Шевердяев И. В. – кандидат географических наук, старший научный сотрудник;  
Гуртовая Т. Ю. – научный сотрудник.

#### Information about the authors

Zhulidov A. V. – Candidate of Sciences (Biological), Senior Researcher;  
Lipkovich A. D. – Candidate of Sciences (Biological), Deputy Director on Research and Development;  
Kozhara A. V. – Candidate of Sciences (Biological), Senior Researcher;  
Sheverdyayev I. V. – Ph.D., Candidate of Sciences (Geographical), Senior Researcher;  
Gurtovaya T. Yu. – Research Associate.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; одобрена после рецензирования 15.10.2025; принята к публикации 06.11.2025.

The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 15.10.2025; accepted for publication 06.11.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 73–79.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):73–79 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 379.85  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.011>

## ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ТУРИЗМА В ОРДУБАДСКОМ РАЙОНЕ НАХЧЫВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Исмаилова Эльнара Аршад  
Институт географии им. акад. Г.А. Алиева, Баку, Азербайджан  
[allaqiyeva@gmail.com](mailto:allaqiyeva@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7974-092X>

**Аннотация.** Целью исследования является анализ историко-культурных туристических ресурсов для развития туризма в Ордубадском районе. В качестве источника использовались статистические данные Государственного статистического комитета Азербайджанской Республики, материалы «Списка памятников истории и культуры мирового и государственного значения», утвержденного кабинетом министров Азербайджанской Республики, а также различные литературные материалы. Анализируя историко-культурные туристические ресурсы и составляющие их типы Ордубадского района, сделаны соответствующие выводы. Изучая историко-культурные туристические ресурсы исследуемого района, определены историко-культурный потенциал Ордубадского района. Исследовались возможности и потенциал развития некоторых видов туризма в Ордубадском районе. Рассмотрены научные труды исследователей по концепции историко-культурных туристических ресурсов и культурного наследия. В результате исследования установлено, что Ордубадский район обладает большими историко-культурными туристическими ресурсами, состоящими из архитектурных, археологических и религиозных памятников, музеев, историко-культурного заповедника, танцев яллы и пещер. На основе Стратегической дорожной карты по развитию специализированной индустрии туризма в Азербайджанской Республике предлагается создать туристические маршруты, охватывающие археологические и архитектурные памятники, а также пещеры Ордубадского района. Предложенные выводы могут быть использованы при развитии туризма в Ордубадском районе в целом.

**Ключевые слова:** историко-культурный туризм, архитектурные памятники, археологические памятники, Ордубадский район, туристические маршруты, религиозные памятники, музеи, историко-культурный заповедник, танцы яллы, пещеры

**Для цитирования:** Исмаилова Э. А. Возможности развития историко-культурного туризма в Ордубадском районе Нахчыванской Автономной Республики // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 73–79. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.011>.

## POSSIBILITIES OF DEVELOPMENT OF HISTORICAL AND CULTURAL TOURISM IN THE ORDUBAD REGION OF THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC

Elnara A. Ismayilova  
Institute of Geography named after acad. H.A. Aliyev, Baku, Azerbaijan  
[allaqiyeva@gmail.com](mailto:allaqiyeva@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-7974-092X>

**Abstract.** The aim of the study is to analyze the historical and cultural tourism resources for the development of tourism in the Ordubad region. The statistical data of the State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, the materials of the «List of historical and cultural monuments of world and national importance» approved by the Cabinet of Ministers of the Republic of Azerbaijan, as well as various literary materials were used as a source. Analyzing the historical and cultural tourism resources and their constituent types of the Ordubad region, the corresponding conclusions were made. Studying the historical and cultural tourism resources of the study area, the historical and cultural potential of the Ordubad region was determined. The possibilities and potential for the development of some types of tourism in the Ordubad region were studied. The scientific works of researchers on the concept of historical and cultural tourism resources and cultural heritage were considered. As a result of the study, it was established that the Ordubad region has large historical and cultural tourism resources consisting of architectural, archaeological and religious monuments, museums, historical and cultural reserve, yalli dances and caves. Based on the Strategic Road Map for the Development of the Specialized Tourism Industry in the Republic of Azerbaijan, it is proposed to create tourist routes covering archaeological and architectural monuments, as well as caves of the Ordubad region. The proposed conclusions can be used in the development of tourism in the Ordubad region as a whole.

**Keywords:** historical and cultural tourism, architectural monuments, archaeological monuments, Ordubad region, tourist routes, religious monuments, museums, historical and cultural reserve, yalli dances, caves

**For citation:** Ismayilova E. A. Possibilities of developing historical and cultural tourism in the Ordubad region of the Nakhchivan Autonomous Republic. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):73–79 <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.011> (In Russ.).

### **Введение**

В отечественной и российской литературе большое значение придается изучению историко-культурных туристических ресурсов. Различные исследователи – Е. А. Котляров, Г. Р. Агакишиева, И. Х. Гусейнов, Н. Т. Эфендиева, Н. Ю. Святоха, В. П. Чибилева, А. С. Кусков, Г. Б. Солтанова, З. Т. Имрани, Г. В. Велиева – имеют свои подходы к сущности таких понятий, как памятники истории и культуры, историко-культурный потенциал и культурное наследие.

В процессе организации туризма люди стремятся соприкоснуться с богатой природой. Помимо живописной природы, великолепные памятники истории и культуры завораживают людей чудесным внешним видом. Наличие обеих особенностей определяет развитие туризма [2, с. 67].

Составной частью формирования туристско-рекреационного потенциала является рекреационное развитие территорий, особенно тех, которые славятся историко-архитектурными памятниками. Сохранившиеся в таких территориях памятники прошлого представляют собой материальную и культурную ценность народа, служат источником знаний, средством эстетического и идеологического воспитания, а также привлечения туристов и увеличения финансовых поступлений. Некоторые в этих территориях находятся в благоприятных природных условиях. Все это создает предпосылки для превращения их в территории туристского профиля [3, с. 183].

Историко-культурный потенциал включает в себя ряд культурно-исторических туристических объектов, их значимость (международную или местную), степень использования, семантическую ценность и т. д. [11, с. 381].

Культурно-исторические ресурсы туризма представляют собой наследие прошлых эпох общественного развития. Поэтому пространства, образуемые культурно-историческими объектами, определяют направление туристско-экскурсионных маршрутов. В связи с развитием туризма, культурные наследия потерпели изменения, и поэтому некоторые страны пересмотрели отношение к таким объектам [4, с. 119].

Культурное наследие используется в качестве инструмента политики для привлечения туристов и получения экономических выгод, а его использование и развитие должно соответствовать рамкам стратегий устойчивого развития [10].

Развитие туризма применительно к объектам культурного наследия приводит к некоторым недостаткам, таким как снижение доступности объектов для местного населения, уменьшение их региональной и локальной значимости, формирование особого образа жизни вокруг объектов культурного наследия, часто мешающего местным жителям [5, с. 66].

Учитывая значение историко-культурных туристических ресурсов в организации туризма в Ордубадском районе, проблема их изучения весьма актуальна. Целью исследования является анализ историко-культурных туристических ресурсов для развития туризма в Ордубадском районе, с учетом составляющих их типов, таких как архитектурные, археологические и религиозные памятники, музеи, историко-культурный заповедник, танцы яллы и пещеры.

### **Материалы и методы**

Объектом исследования являются историко-культурные туристические ресурсы Ордубадского района, включающего 17,8 % общей автономно-республиканской площади и 10,8 % от общей численности населения Нахчыванской Автономной Республики.

Для исследования используется системный метод, позволяющий наиболее эффективно изучать историко-культурное туристическое пространство, затем оценочный метод, позволяющий выявить пространственную дифференциацию историко-культурных туристических ресурсов, а также картографический метод, позволяющий выявить города и села, активно использующие свои историко-культурные туристические ресурсы в развитии туризма.

### **Результаты и их обсуждение**

Нахчыванская Автономная Республика состоит из 7 районов и 1 города: Бабекского, Джульфинского, Кенгерлинского, Садерекского, Шахбузского, Шарурского районов и города Нахчыван. Ордубадский район граничит с Исламской Республикой Иран на юге, Республикой Армения на севере и востоке и Джульфинским районом Нахчыванской Автономной Республики на западе.

Государственный статистический комитет Азербайджанской Республики представляет экономические показатели туризма в целом по Нахчыванской Автономной Республике. Таким образом, согласно статистическим данным, как число ночлегов, предоставленных лицам, размещенным в гостиницах, так и численность размещенных лиц в автономной республике имели тенденцию к увеличению и уменьшению в 2010–2023 гг. [8]. Снижение обоих показателей произошло в 2015–2020 гг., что было связано с охватившим мир вирусом COVID-19 (рис. 1).

Ордубадский район выделяется развитием туризма в автономной республике. С учетом развития туризма в Ордубадском районе изучен один из важных туристических ресурсов – историко-культурные ресурсы (рис. 2). Поскольку археологические и историко-культурные памятники, отражающие многовековую историю различных стран и регионов, всегда привлекают внимание приезжающих на территорию туристов.

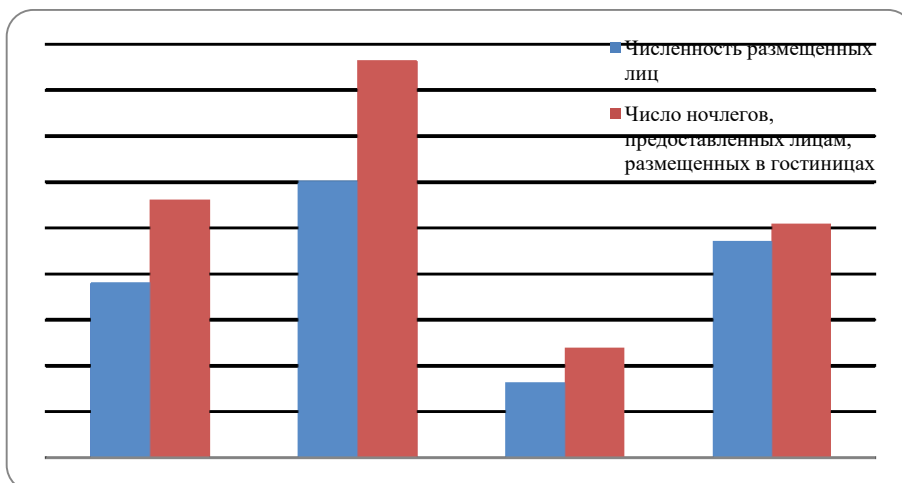


Рисунок 1 – Динамика экономических показателей туризма в Нахчыванской Автономной Республике в 2010–2023 гг.

Большую часть территории Ордубадского района, на юге которого простирается равнина Аразбою (Ордубадская равнина), занимает юго-западный склон Зангезурского хребта. В районе, где расположен пик Гапыджыг (3 904 м), самая высокая точка Нахчыванской Автономной Республики, широко распространены табаширские и антропогенные отложения. В Ордубадском районе, где преобладает холодный климат с засушливым летом, средняя температура января колеблется от  $-10$  до  $-3$  °С, а средняя температура июля от  $+10$  до  $+25$  °С. По территории района протекают реки Вененд, Ордубад и Араз, где годовое количество осадков составляет 300–800 мм.

Территория Ордубадского района, являющегося одним из основных районов, населенных древними людьми и название которого впервые встречается в письменных источниках V в., богата историческими памятниками от каменного века до позднего средневековья. Как редкая жемчужина мировой культуры и древнее поселение Гямигая является домом для наскальных рисунков. Петроглифы Гямигая сосредоточены на лугах Набиюрду, Джамышолен и Гарангуш, на южных и западных склонах вершины Гапыджыг, которая расположена на высоте 3 904 м над уровнем моря. Древние наскальные рисунки, обнаруженные в 1968 г. в Гямигая, позволяют проследить образ жизни, обычаи и развитие эстетического мышления древних людей, проживавших на территории Азербайджана в VI–I тысячелетиях до н. э.

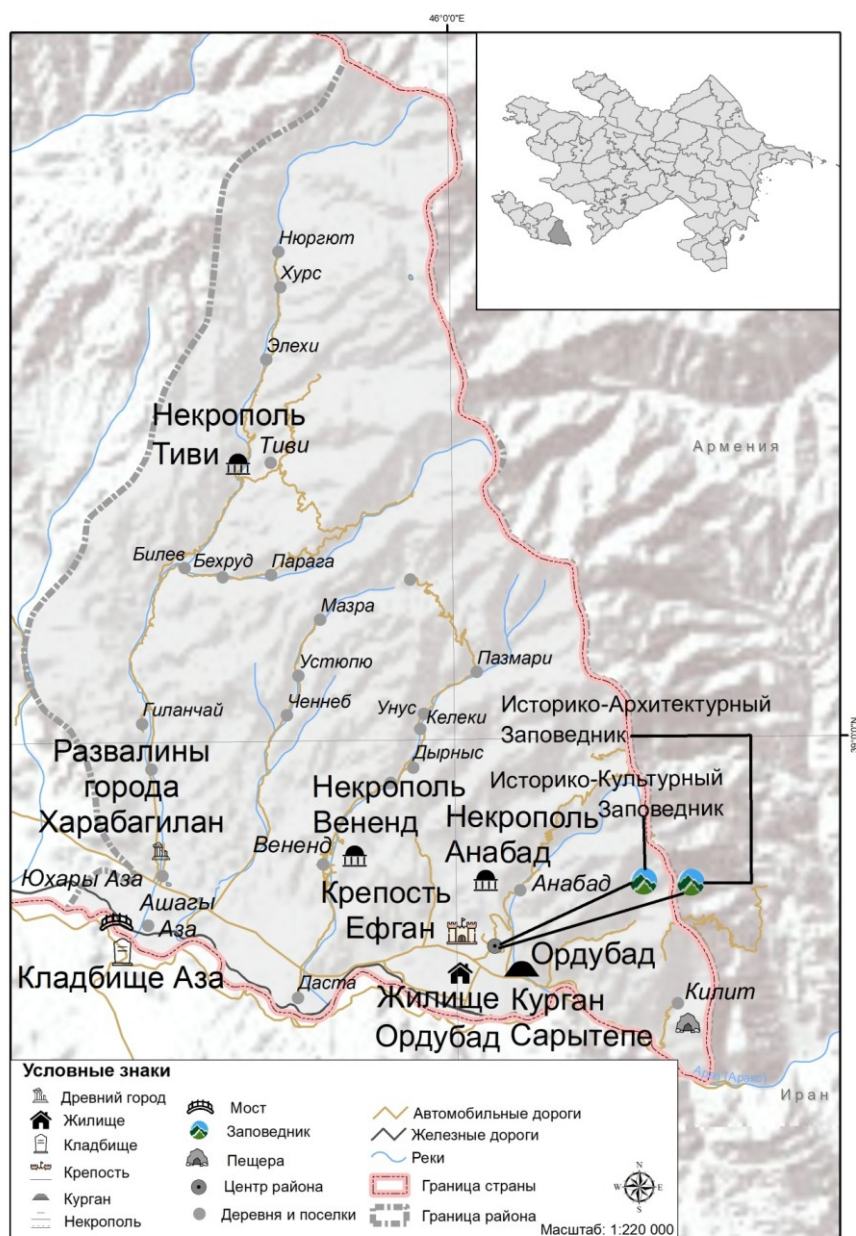
Использование памятников истории, культуры и архитектуры Ордубадского района в организации познавательного и историко-культурного туризма, религиозных памятников – религиозного туризма, а также образцов, обнаруженных в ходе археологических исследований – археологического туризма, будет иметь решающее значение в развитии этой отрасли в будущем.

Памятники истории и культуры играют важную роль среди ресурсов историко-культурного туризма. Памятники истории и культуры становятся все более привлекательными. Памятники истории и культуры также являются основным фактором удовлетворения спроса на культурно-познавательный отдых. Памятники истории и культуры имеют туристическое назначение и научно-практическое значение [6, с. 62].

В списке архитектурных и археологических памятников мирового и государственного значения, зарегистрированных в Ордубадском районе, преобладают археологические памятники государственного значения. Эти памятники в основном сосредоточены в городе Ордубаде, селах Ашагы Аза, Тиви, Сабиркенд и Сабирдизе. Город Ордубад отличается как мировыми, так и государственными памятниками архитектуры. Так, благодаря своим архитектурным памятникам Ордубад в 1977 г. был объявлен городом-заповедником (табл.).

Музеи также играют неоспоримую роль в историко-культурном и познавательном туризме. В Ордубадском районе имеются 3 дома-музея и 1 историко-краеведческий музей как историко-культурные туристические ресурсы. В доме-музее, открытом в 2015 г. с целью изучения и пропаганды жизни и творчества Мохаммада Таги Сидги, представлены документы, личные вещи, рукописи и семейные фотографии, связанные с выдающимся просветителем.

Дом-музей Мамеда Саида Ордубади был основан в 1972 г. и экспонирует фотографии, различные документы, памятные вещи, портреты, письма и рукописи, отражающие жизнь и творчество этой выдающейся личности. Дом-музей Юсифа Мамедалиева действует с 1975 г., в нем представлены книги и личные вещи академика, инновации и изобретения, принесенные ученым в химическую науку.



Карта историко-культурного потенциала Ордубадского района

Рисунок 2 – Карта историко-культурного потенциала Ордубадского района

В 1981 г. начал работу историко-краеведческий музей, в котором представлено более 4 000 экспонатов, посвященных древней истории Ордубада, богатой культуре, уникальным традициям, археологическим находкам, обнаруженным в районе, и историческим личностям. В этом музее, всего насчитывающем 15 углов, особое внимание привлекает уголок, увековечивающий память шехитов, погибших за родину.

В целях охраны, продвижения и управления исторических памятников, расположенных в городе Ордубад, административном центре района, Президент Азербайджанской Республики подписал распоряжение «О создании Ордубадского государственного историко-культурного заповедника» от 21 февраля 2024 г. Соответствующим распоряжением определены границы, охранная зона, особый режим, материально-техническое обеспечение заповедника, а также меры по финансированию необходимых расходов из бюджета Нахчыванской Автономной Республики для осуществления деятельности.

Таблица – Историко-культурные памятники мирового и государственного значения в Ордубадском районе

Памятники мирового значения		Памятники государственного значения	
Архитектурные памятники	Археологические памятники	Архитектурные памятники	Археологические памятники
Историко-культурный заповедник (г. Ордубад)	– Развалины города Харабагилан (село Юхары Аза) – Наскальные рисунки Гямигая	– Мост (село Ашагы Аза) – Джума мечеть (г. Ордубад) – Мавзолей (село Даркенд) – Историко-архитектурный заповедник (г. Ордубад)	– Крепость Афган (г. Ордубад) – Курган Сарытепе (г. Ордубад) – Жилище Ордубад (г. Ордубад) – Кладбище Аза (село Ашагы Аза) – Жилище Дер (село Ашагы Аза) – Жилище Сумбатан (село Сабиркенд) – Некрополь Сабиркенд (село Сабиркенд) – Жилище Пловтепе (село Сабиркенд) – Некрополь Мунджуглутепе (село Сабиркенд) – Некрополь Пловдаг (село Сабирдизе) – Некрополь Халыкашан (село Сабирдизе) – Петроглифы Гемигая (село Несирваз) – Некрополь Тиви (село Тиви) – Жилище Демирчилер (село Тиви) – Кладбище Биляв (село Биляв) – Некрополь Вененд (село Вененд) – Некрополь Анабад (село Анабад) – Пещера Килит (село Килит) – Крепость Шахтагты (село Андамидж)

*Примечание. Разработано по материалам «Списка памятников истории и культуры мирового и государственного значения», утвержденного кабинетом министров Азербайджанской Республики от 2 августа 2001 г.*

Археологические исследования и памятники привлекают туристов, посещающих этот район. 3 ноября 2010 г. в Ордубадском районе были проведены археологические исследования и изучено городское поселение, датируемое 2500–3000 тыс. лет назад в долине Расул, и поселение, относящееся к первому бронзовому веку в Пловдагском районе. Также в результате археологических исследований в крепости Сумбатан было обнаружено 5 гробниц. В августе 2015 г. в результате археологических исследований, проведенных в комплексе памятников Пловдага, крепости Дельма и городище Харабагилан Ордубадского района, изучены 7 курганов во втором некрополе Пловдага, отсюда обнаружена глиняная керамика, а в Пловдаге – человеческие останки бронзового века.

Образцы, обнаруженные в ходе археологических исследований, имеют большое значение для развития археологического туризма в Ордубадском районе и создают благоприятные условия для организации туристической деятельности.

Танцы яллы в Ордубадском районе выделяются как ресурс познавательного туризма. Танцы яллы – один из популярных и древних жанров народной музыки и фольклора. Танцы яллы, история которых восходит к периоду до Рождества Христова, выбраны как показатель солидарности и единства. Элементы массового танца, высеченные на скале в Гямигая Ордубадского района, доказывают, что танцы яллы имеют древнюю историю. В Ордубадском районе распространены такие образцы яллы, как «Учаяг» и «Танзане». В 2018 г. яллы как традиционные групповые танцы Нахчыванской Автономной Республики в целом были включены в список культурного наследия ЮНЕСКО, нуждающегося в срочной охране.

Религиозные памятники также важны для развития историко-культурного туризма. Наряду с ценностью религиозных памятников, необходимо принять ряд мер по расширению их использования в туристическом плане и развитию религиозного туризма. Ценность религиозных памятников должна определяться путем осмотра соответствующими органами и специалистами, а также должна быть подчеркнута важность историко-культурного туризма [9, с. 261].

В селе Нуснус находится религиозный памятник XVI в. – Гирхкимсане пири. Поскольку число посетителей этого религиозного памятника из других частей Азербайджана увеличилось, состояние его дорог улучшилось. Мечети, расположенные в Дасте, Вененд, Айлис, Нуснус и других селах, также отличаются религиозными святынями. Учитывая транспортную доступность мест расположения религиозных памятников, для удобства туристов отремонтированы и восстановлены дороги к соответствующим памятникам. В результате в первую категорию вошли дороги Ордубад – Дасте (11 км), Ордубад – Нуснус (5 км) и Ордубад – Айлис (9 км).

В 9,5 км юго-восточнее города Ордубада, на левом берегу реки Араз находится искусственная пещера Килит, состоящая из горных порфиристых пород с примесью пирита, в 10,8 км юго-восточнее города Ордубада, на левом берегу реки Араз – Большая карстовая пещера, общей

площадью 341 м<sup>2</sup>, в 11 км к юго-востоку от города Ордубада, на левом берегу реки Араз – Малая карстовая пещера [1, с. 364].

Все три пещеры – пещера Килиг, Большая Карстовая и Малая Карстовая пещеры, расположенные в Ордубадском районе, имеют историко-культурное значение. В связи с расположением всех трех пещер на берегу реки Араз целесообразно организовать туристический маршрут вдоль реки Араз до города Ордубада.

Одной из стратегических целей Стратегической дорожной карты развития специализированной индустрии туризма в Азербайджанской Республике является развитие региональных видов туризма для местных и иностранных туристов. Для достижения стратегической цели существует 5 приоритетов, одним из которых является создание историко-культурных туристических маршрутов [7, с. 68].

Необходимо организовать ежедневные и еженедельные автомобильные и пешеходные туристические маршруты к местам расположения архитектурных и археологических памятников Ордубадского района. Основываясь на Стратегическую дорожную карту развития специализированной индустрии туризма в Азербайджанской Республике, создание туристических маршрутов в Ордубадском районе, таких как Несирваз – Тиви-Биляв, Анабад – Андаמידж – город Ордубад и Сабиркенд – Даркенд – Аза имеет важное значение.

#### **Заключение**

Анализируя возможности развития историко-культурного туризма в Ордубадском районе, были сделаны следующие выводы:

Опираясь на научные труды исследователей, определено место историко-культурных туристических ресурсов в развитии туризма. Учитывая, какую роль имеют историко-культурные туристические ресурсы в общих туристических ресурсах Ордубадского района, исследованы составляющие их типы, такие как архитектурные, археологические и религиозные памятники, музеи, историко-культурный заповедник, танцы яллы и пещеры.

Историко-культурные туристические ресурсы, распространенные в Ордубадском районе, имеют большие возможности развития некоторых видов туризма, таких как археологический, историко-культурный, религиозный и познавательный туризм. Археологические исследования и раскопки в долине Расул, на Пловдагской территории, в крепости Сумбатан, в комплексе памятников Пловдага, в крепости Дельма и в городище Харабагилан Ордубадского района составляют ресурсную базу для развития археологического туризма, наличие архитектурных и исторических памятников – историко-культурного туризма, мечети – религиозного туризма, танцы яллы, дома-музеи и историко-краеведческий музей – познавательного туризма.

Изучая роль туристических маршрутов в развитии историко-культурного туризма в Ордубадском районе, предлагается создавать туристические маршруты, охватывающие города и села с археологическими и архитектурными памятниками, пещерами. Рекомендуется организовать туристические маршруты по археологическим памятникам Несирваз – Тиви – Биляв, по пещерам – вдоль реки Араз до города Ордубада, по археологическим и архитектурным памятникам – Анабад – Андаמידж – город Ордубад и Сабиркенд – Даркенд – Аза.

#### **Список литературы**

1. Мамедов Г. Ш., Юсифов Э. Ф., Халилов М. Ю., Керимов В. Н. Азербайджан: потенциал экотуризма. Баку: Шерг-Герб, 2012. 357 с.
2. Гусейнов И. Х., Эфендиева Н. Т. Основы туризма. Баку: Издательско-полиграфическое предприятие «Марс-Принт», 2007. 442 с.
3. Котляров Е. А. География отдыха и туризма. Москва: Мысль, 1978. 238 с.
4. Кусков А. С. Туристское ресурсоведение. Москва: ИЦ «Академия», 2008. 208 с.
5. Святоха Н. Ю., Чибилева В. П. Развитие туризма на урбанизированных территориях степной зоны (на примере Оренбургской области) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2023. № 1. С. 63–75. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/63-75>.
6. Солтанова Г. Б. Туризм в Азербайджанской Республике и ее развитие. Баку: АзТУ, 2015. 475 с.
7. Стратегическая дорожная карта развития специализированной индустрии туризма в Азербайджанской Республике. Баку, 2017. 100 с.
8. Туризм в Азербайджане. Статистический сборник. Баку: Государственный статистический комитет, 2024. 100 с.
9. Agakishiyeva G. R., Ismayilova E. A. Contemporary situation and development directions of the cultural tourism in the mountainous areas of Azerbaijan // Universidad & Sociedad. Revista multidisciplinar de la Universidad de Cienfuegos. 2022. № 14 (5). P. 256–263. URL: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3220>.
10. Gunay Z. Neoliberal Urbanism and Sustainability of Cultural Heritage // 44th ISOCARP congress. 2008. P. 1–12.
11. Imrani Z. T., Veliyeva G. V. Methodological basis of zoning of tourism-recreation reserves and tourism potential of Gusar region of the Republic of Azerbaijan // Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2021. Vol. 30, № 2. P. 379–388. URL: <https://geology-dnu.dp.ua/index.php/GG/article/view/822/679>.

#### References

1. Mammadov Q. Sh., Yusifov E. F., Khalilov M. Yu., Kerimov V. N. *Azerbaijan: ecotourism potential*. Baku: Sherq-Qerb; 2012:357 (In Aze.).
2. Guseynov I. H., Efendiyeva N. T. *Fundamentals of tourism*. Baku: Publishing and printing enterprise «Mars-Print»; 2007:442 (In Aze.).
3. Kotlyarov E.A. *Geography of recreation and tourism*. Moscow: Mysl; 1978:238 (In Russ.).
4. Kuskov A. S. *Tourist resource management*. Moscow: Publishing center «Academy»; 2008:208 (In Russ.).
5. Sviatokha N. Yu., Chibilyova V. P. Urban tourism development in the steppe zone (on the example of the Orenburg region). *Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2023;1:63–75. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/63-75> (In Russ.).
6. Soltanova G. B. *Tourism in the Republic of Azerbaijan and its development*. Baku: AzTU; 2015:475 (In Aze.).
7. *The strategic roadmap development of specialized tourism industry in Azerbaijan*. Baku. 2017:100 (In Aze.).
8. *Tourism in Azerbaijan. Statistical collection*. Baku: State Statistical Committee.; 2024:100 (In Aze.).
9. Agakishiyeva G. R., Ismayilova E. A. Contemporary situation and development directions of the cultural tourism in the mountainous areas of Azerbaijan. *Universidad & Sociedad. Revista multidisciplinar de la Universidad de Cienfuegos*. 2022;14(5):256–263. URL: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3220>.
10. Gunay Z. Neoliberal Urbanism and Sustainability of Cultural Heritage. *44th ISOCARP congress*; 2008:1–12.
11. Imrani Z. T., Veliyeva G. V. Methodological basis of zoning of tourism-recreation reserves and tourism potential of Gusar region of the Republic of Azerbaijan. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021;30;2:379–388. URL: <https://geology-dnu.dp.ua/index.php/GG/article/view/822/679>.

#### Информация об авторе

Исмаилова Э. А. – кандидат географических наук, научный сотрудник Министерства науки и образования Азербайджанской Республики.

#### Information about the author

Ismayilova E. A. – Candidate of Geographical Sciences, Researcher Ministry of Science and Education of Azerbaijan Republic.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; одобрена после рецензирования 15.10.2025; принята к публикации 30.10.2025.

The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 15.10.2025; accepted for publication 30.10.2025.

*Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 80–87.*  
*Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):80–87 (In Russ.).*

Научная статья  
УДК 504.453  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.012>

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
В ГРАНИЦАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ  
«ДОЛИНА РЕКИ СЕТУНИ» ГОРОДА МОСКВЫ**

Иванова Елена Юрьевна<sup>1✉</sup>, Липовская Елизавета Сергеевна<sup>2</sup>  
Государственный университет просвещения, Мытищи, Россия  
<sup>1</sup>[ivelena2010@mail.ru](mailto:ivelena2010@mail.ru)<sup>✉</sup>  
<sup>2</sup>[lipovskaya\\_14@mail.ru](mailto:lipovskaya_14@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена оценке экологического состояния водных объектов в границах особо охраняемой природной территории «Долина реки Сетуни» г. Москвы. Объектом исследования являются водные объекты в границах особо охраняемой природной территории «Долина реки Сетуни» г. Москвы. Предмет исследования состоит в изучении загрязнения водных объектов в границах особо охраняемой природной территории «Долина реки Сетуни» г. Москвы. Исследование экологического состояния водных объектов в границах особо охраняемой природной территории области включало проведение визуальной оценки экологического состояния водоемов и определение гидрохимического состава вод изучаемых объектов с последующим вычислением индекса загрязнения воды. В границах природного заказника «Долина реки Сетуни» авторами работы исследованы: вода рек Сетуни, Наверашки и Раменки, а также вода искусственно созданного пруда на ул. Мосфильмовской. Суммарно произведено 416 измерений. Качество воды в реке Сетуни соответствует следующим категориям: от места пересечения со МКАД до Рябиновой ул. – «загрязненная», между ул. Рябиновой и Аминьевским ш. – «умеренно загрязненная», между Аминьевским ш. и ул. Минской – «чистая» и «загрязненная» соответственно, между ул. Минской и местом впадения в р. Москву – «умеренно загрязненная». Категория загрязнения основных притоков р. Сетуни соответствует: «загрязненной» – р. Раменка, «чистой» – р. Наверашка. Состояние воды в прудах на ул. Мосфильмовской соответствует категории «умеренно загрязненная».

**Ключевые слова:** экологическая оценка, визуальная экологическая оценка, гидрохимический анализ, качество речных вод, уровень загрязнения

**Для цитирования:** Иванова Е. Ю., Липовская Е. С. Оценка экологического состояния водных объектов в границах ООПТ «Долина реки Сетуни» города Москвы // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 80–87. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.012>.

**ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF WATER BODIES  
WITHIN THE BOUNDARIES OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA  
«SETUN RIVER VALLEY» OF THE CITY OF MOSCOW**

Elena Yu. Ivanova<sup>1✉</sup>, Elizaveta S. Lipovskaya<sup>2</sup>  
Educational Institution of Higher Education, Mytishchi, Russia  
<sup>1</sup>[ivelena2010@mail.ru](mailto:ivelena2010@mail.ru)<sup>✉</sup>  
<sup>2</sup>[lipovskaya\\_14@mail.ru](mailto:lipovskaya_14@mail.ru)

**Abstract.** The article is devoted to the assessment of the ecological state of water bodies within the boundaries of the specially protected natural area «Setun River Valley» in Moscow. The object of the study is water bodies within the boundaries of the specially protected natural area «Setun River Valley» in Moscow. The subject of the study is to study the pollution of water bodies within the boundaries of the specially protected natural area «Setun River Valley» in Moscow. The study of the ecological state of water bodies within the boundaries of the protected areas of the region included: a visual assessment of the ecological state of water bodies and determination of the hydrochemical composition of the waters of the studied objects with subsequent calculation of the water pollution index. Within the boundaries of the Setun River Valley Nature Reserve, the authors of the work studied the water of the Setun, Naverashki and Ramenki rivers, as well as the water of an artificially created pond on Mosfilmovskaya Street. A total of 416 measurements were made. The water quality in the Setun River corresponds to the following categories: from the intersection with the Moscow Ring Road to Ryabinovaya St. – «polluted», between Ryabinovaya St. and Aminyevskoye Highway – «moderately polluted», between Aminyevskoye Highway and Minskaya St. – «clean» and «polluted», respectively, between Minskaya St. and the confluence with the Moskva River – «moderately polluted». The pollution category of the main tributaries of the Setun River corresponds to: «polluted» – the Ramenka River, «clean» – the Naverashka River. The state of the water in the ponds on Mosfilmovskaya Street corresponds to the category «moderately polluted».

**Keywords:** environmental assessment, visual environmental assessment, hydrochemical analysis, river water quality, pollution level

**For citation:** Ivanova E. Yu., Lipovskaya E. S. Assessment of the ecological state of water bodies within the boundaries of the specially protected natural area «Setun River Valley» of the city of Moscow. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):80–87. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.012> (In Russ.).

### **Введение**

Актуальность исследования по оценке экологического состояния водных объектов в границах особо охраняемой природной территории (ООПТ) регионального значения «Долина реки Сетуни» г. Москвы обусловлена тем, что особо охраняемые природные территории представляют собой важнейшие элементы экологического каркаса города, способствующие сохранению биологического разнообразия и поддержанию благоприятной окружающей среды [1]. Река Сетунь и прилегающие к ней водные объекты выполняют не только природоохранные, но и рекреационные функции, однако испытывают значительное антропогенное давление, включая загрязнение, застройку берегов и нарушение гидрологического режима [2]. В условиях современных мегаполисов, таких как Москва, важно проводить регулярный экологический мониторинг водных объектов, чтобы оперативно выявлять изменения и разрабатывать эффективные меры по сохранению водных экосистем [3].

Объектом исследования являются водные объекты в границах ООПТ «Долина реки Сетуни» г. Москвы. Предмет исследования – загрязнение водных объектов в границах ООПТ «Долина реки Сетуни» г. Москвы. Цель проводимого исследования состоит в оценке экологического состояния водных объектов в границах ООПТ «Долина реки Сетуни» г. Москвы. Задачами исследования являлись: сбор, систематизация и анализ данных информационных источников по теме исследования; проведение экологической оценки состояния водных объектов в границах ООПТ «Долина реки Сетуни» г. Москвы по визуальным и гидрохимическим показателям на основе результатов пробоотбора воды в 2024–2025 гг.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследования заключается в проведении авторами комплексного анализа визуальных, гидрологических и гидрохимических показателей с последующей оценкой экологического состояния водных объектов на территории ООПТ «Долина реки Сетуни» в городе Москве. Собранные материалы могут быть использованы в дальнейшем при проведении экологического мониторинга, оценки динамики изменений качества вод, а также при разработке природоохранных мероприятий, направленных на восстановление и поддержание благоприятного состояния вод.

### **Материалы и методы**

Исследование экологического состояния водных объектов проводилось на основе визуального осмотра предварительно выбранных точек и пробоотбора воды с последующим определением его гидрохимического состава и вычислением индекса загрязнения воды.

Для проведения визуальной оценки состояния водных объектов реки использовался сокращенный вариант протокола, разработанного Всемирным фондом дикой природы [4]. В нем дается балльная оценка, характеризующая питьевые и рекреационные качества водоема, наличие загрязнения, характер русла, присутствие живых организмов. Для этого в зоне исследования предварительно были заложены 8 участков, совпадающих с точками пробоотбора, для проведения балльной экологической оценки.

Оценка гидрохимического состава воды аквальных объектов [5] в границах ООПТ «Долина реки Сетуни» г. Москвы производилась осенью 2024 г. и весной 2025 г.

Материалы работы содержат результаты экспериментальных исследований авторов по 8 точкам пробоотбора с использованием реактивов экспресс-лаборатории «НИЛПА» (по 10 компонентам), а также тест-полосок пакетов «Эко-Юнит» (по 16 компонентам).

Суммарно в границах природного заказника «Долина реки Сетуни» авторами работы исследованы: вода рек Сетуни, Наверашки и Раменки, а также вода искусственно созданного пруда на ул. Мосфильмовской. Произведены: пробоотбор воды из 8 точек; 16 исследований по 26 показателям каждое. Суммарно произведено 416 измерений.

Полученные результаты впоследствии были соотнесены с категорией качества состояния воды [6]. Классы качества определялись по индексу загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывался как сумма приведенных к ПДК фактических значений шести основных показателей качества воды.

### **Результаты и обсуждение**

Рассматриваемая ООПТ «Долина реки Сетунь» расположена в Западном административном округе, в районах: Раменки, Фили-Давыдково, Очаково-Матвеевское и Можайский [7]. Она

является одной из самых больших в столице. Ее площадь – 696,05 гектаров. Общая протяженность границ – 37,0 км. Территория расположена вдоль русла реки Сетуни (рис. 1) от места впадения в Москву-реку до пересечения с МКАД [8, 9].

Экологические проблемы природного заказника обусловлены его местоположением и большой протяженностью [11–14]. Долина и сама река Сетунь, окруженная промышленными предприятиями, плотно застроенными жилыми районами с многочисленным населением, ограниченная крупными транспортными магистралями, пересеченная проезжими улицами, пешеходными дорогами и тропинками, испытывает значительную антропогенную нагрузку.



Рисунок 1 – Расположение ООПТ «Долина реки Сетуни» на территории города Москвы [10]

Визуальная оценка экологического состояния водных объектов производилась в местах пробоотбора воды. Точки наблюдения (рис. 2) располагались следующим образом: устье реки Сетуни, до впадения в реку Москву ниже Бережковского моста, напротив Новодевичьего монастыря (точка № 1); Мосфильмовский пруд (точка № 2); русло реки Сетуни под Старорублевским мостом (точка № 3); участок реки Раменки (точка № 4); русло реки Сетуни, протекающее вдоль природной озелененной территории (точка № 5); русло реки Сетуни, протекающее вдоль застроенной территории рядом с метро Давыдково (точка № 6); река Невершка (точка № 7); река Сетунь до пересечения с МКАД (точка № 8).

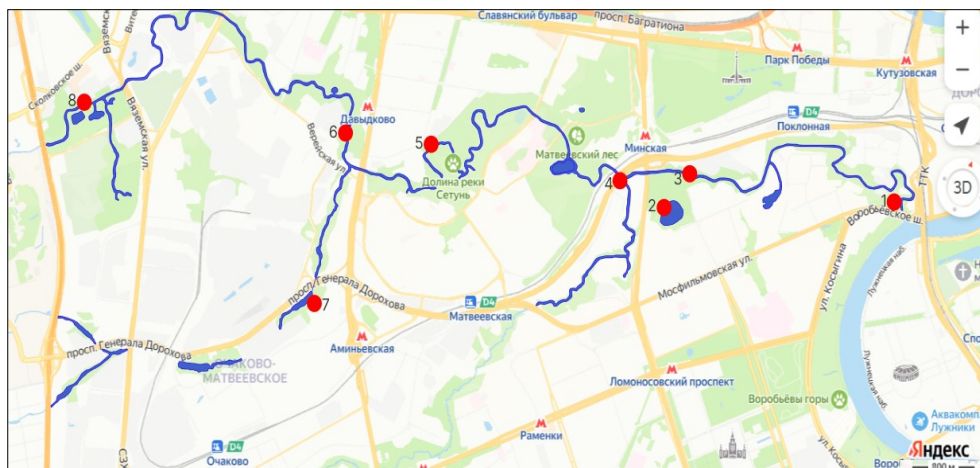


Рисунок 2 – Картограмма расположения точек отбора проб и участков визуальной оценки (доработана авторами на основе [15])

Территория захламлена фрагментарно. Стихийные свалки мусора отмечаются в малодоступных неблагоустроенных участках долины Сетуни, вблизи гаражных кооперативов, нефункционирующих предприятий, автомобильных и железнодорожных трасс, территории, прилегаю-

щей к МКАД. Места сбросов сточных вод в реку отмечены в центральной части участка обследования, к западу от ул. Лобачевского, где в русло Сетуни разгружается один из прилегающих коллекторов горячего водоснабжения.

Основными источниками современного геохимического загрязнения ландшафтов долины р. Сетуни являются крупные автомагистрали (МКАД, ТТК, просп. Генерала Дорохова, Аминьевское шоссе, Минская ул., Рябиновая ул.), а также железнодорожная ветка Киевского направления.

Результаты визуальной экологической оценки состояния реки Сетуни свидетельствуют о том, что речная вода относится ко 2 и 3 категории загрязнения (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты визуальной экологической оценки состояния водоемов в границах ООПТ «Долина реки Сетуни»

№ точки	Количество баллов	Категория	Экологическое состояние водоема
1	28	3	У водного объекта серьезные экологические проблемы
2	53	2	Состояние водного объекта удовлетворительное
3	37	3	У водного объекта серьезные экологические проблемы
4	43	2	Состояние водного объекта удовлетворительное
5	39	3	У водного объекта серьезные экологические проблемы
6	46	2	Состояние водного объекта удовлетворительное
7	20	3	У водного объекта серьезные экологические проблемы
8	30	3	У водного объекта серьезные экологические проблемы

В соответствии с данными таблицы 1, состояние воды в пунктах № 2, 4 и 6 относится к категории «удовлетворительная» (рис. 3). Визуальная экологическая оценка в пунктах № 1, 3, 5, 7 и 8 показала, что на данных участках реки наблюдаются серьезные экологические проблемы (рис. 4).

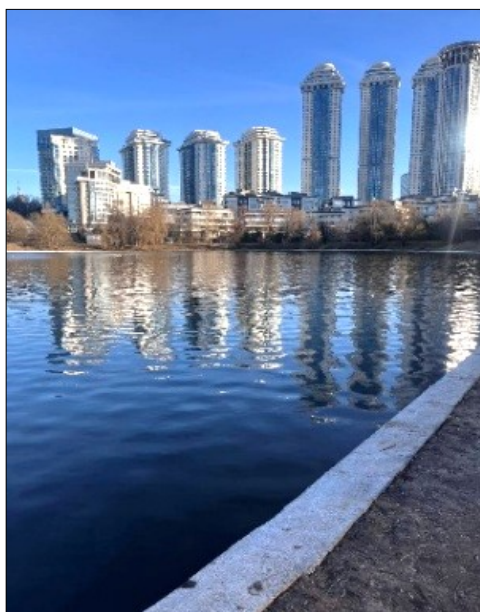


Рисунок 3 – Точка отбора проб № 2 весна 2025 г.  
(фото Е. С. Липовской)



Рисунок 4 – Точка отбора проб № 8 весна 2025 г.  
(фото Е. С. Липовской)

Оценка гидрохимического состава водоемов в границах ООПТ производилась осенью 2024 г. и весной 2025 г. в 8 точках пробоотбора. Места пробоотбора были выбраны неслучайно. В районе точки № 1 вблизи располагается объект воздействия автотранспорта – Бережковский мост. Мосфильмовский пруд (точка № 2) был выбран для проведения оценки экологического состояния после проведенной реконструкции в ноябре 2024 г. Точка № 3 располагается выше, а точка № 4 – ниже точки сброса сточных вод с очистных сооружений, расположенных на развязке ул. Минской и проспекта Генерала Дорохова. Точка № 5 – это место водовыпуска неочищенного ливневого стока с дорог и жилых территорий улицы Кременчугской. Выше точки № 6 (на расстоянии 800 м выше автодорожного моста по Аминьевскому шоссе) находится водовыпуск в реку Сетунию с территории строительной площадки Сетуньского очистного сооружения.

В точке № 7 река Наверашка располагается в зоне влияния автодороги проспекта Генерала Дорохова и ТЭЦ-25. Точка 8 является местом водовыпуска ливневого стока с коллектора в реку Сегуно (до пересечения с МКАД).

Полученные данные показали незначительные отклонения в осенний и весенний периоды.

Таблица 2 – Результаты экспериментального анализа по гидрохимическим показателям проб воды из водных объектов в границах исследуемого участка, проведенного весной 2025 г. с использованием тест-набора NILPA PRO

Показатель / номер пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	Норма
Тест pH	7,5	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,4	6,0–9,0
Fe	0,1	0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
Медь	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,01
Нитрит	0,2	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0	0,1	3,3
Фосфат	0	0	0	0	0,25	1	5	5	0,5
Аммиак	0	0	0	0	0	1	0	2	2
Нитрат	0	5	0	0	5	5	0	5	45
gH	4,1	3,9	4,1	3,6	4,6	4,1	3,3	4	до 7,0 мг/л
kH	5,3	3,6	4,3	3,6	4,3	5,3	4,6	4,6	до 7,0 мг/л
Уровень CO <sub>2</sub>	Оптимально	Мало	Мало	Мало	Мало	Оптимально	Оптимально	Оптимально	10

Анализ результатов пробоотбора воды (табл. 2) с использованием тест-набора NILPA PRO показал общее превышение концентраций меди и фосфатов от 1,1 до 16,6 ПДК.

Таблица 3 – Результаты экспериментального анализа по гидрохимическим показателям проб воды из водных объектов в границах исследуемого участка, проведенного с использованием тест-набора «ЭкоЮнит»

Показатель / номер пробы	Точка расчета 1	Точка расчета 2	Точка расчета 3	Точка расчета 4	Точка расчета 5	Точка расчета 6	Точка расчета 7	Точка расчета 8	Норма
Общая щелочность, мг/л	240	180	180	120	120	240	240	120	–
Нитриты, мг/л	1	0	1	0	0	0	1	0	3,3
Нитраты, мг/л	10	0	10	25	25	0	0	25	45
Свободный хлор, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Общий хлор, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Общая жесткость, мг/л	250	250	250	100	100	250	250	100	400
Ртуть, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0005
Железо	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3
Бром, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	45
Хром, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
Медь, мг/л	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0,2	0,01
Фтор, мг/л	25	25	0	0	4	25	4	0	0,7–1,5
Свинец, мг/л	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03
Карбонаты	180	80	180	40	40	180	180	40	50–70
Ph	8,4	7,6	7,8	7,8	7,6	8,4	8,4	7,6	6,0–9,0

Представленные данные, полученные на основе использования тест-набора «ЭкоЮнит» (табл. 3), показывают разовое превышение по железу и стабильное превышение по содержанию меди, фосфатов, карбонатов и фтора.

Данные, полученные в результате гидрохимического анализа водных проб за осенний и весенний периоды, показали: разовое превышение по железу в 1 пункте пробоотбора (1,7 ПДК осенью 2024 г.); периодическое превышение по меди (в пунктах пробоотбора № 1 и 2 – 10 ПДК весной и № 3 и 4 – 20 ПДК осенью), фосфатам (в пунктах № 6–8 – от 2 до 10 ПДК (весна 2025 г.)) и карбонатам (в пунктах № 1–3, 6, 7 – от 1,1 до 2,6 ПДК (весна 2025 г.)); стабильное превышение

содержания хрома в пунктах № 1–4 (4 ПДК – осень 2024 г.) и фтора (во всех пунктах, кроме № 8, – от 2,6 до 16,6 ПДК (осенью 2024 г. и весной 2025 г.)).

По результатам проведенного исследования авторами были сделаны расчеты индекса загрязнения воды (табл. 4). Для расчета было отобрано 6 химических показателей, превышающих значение ПДК (железо, медь, фтор, фосфат, карбонат, хром).

Таблица 4 – Расчет индекса загрязненности воды (ИЗВ) по всем пунктам

Пункты проб отбора / показатель	Железо (ПДК)	Медь (ПДК)	Фтор (ПДК)	Фосфат (ПДК)	Карбонат (ПДК)	Хром (ПДК)	ИЗВ	Состояние воды
Пункт № 1	0,27	1,66	2,77		0,42	0,66	1,16	Умеренно загрязненная
Пункт № 2		1,66	2,77		0,19	0,66	1,32	Умеренно загрязненная
Пункт № 3		1,66	2,77		0,42	0,66	1,38	Умеренно загрязненная
Пункт № 4		3,33	2,77			0,66	2,25	Загрязненная
Пункт № 5			0,44				0,44	Чистая
Пункт № 6			2,77	0,33	0,42		1,17	Умеренно загрязненная
Пункт № 7			0,44	1,66	0,42		0,84	Чистая
Пункт № 8		3,33		1,66			2,5	Загрязненная

Систематизированные данные (табл. 4) показывают наличие преимущественно загрязненных вод в системе реки Сетуни. В пунктах пробоотбора № 5 и 7 качество воды соответствует категории «чистая», в пунктах № 1–3, 6 – «умеренно загрязненная», в пунктах № 4 и 8 – «загрязненная».

Качество воды в реке Сетуни соответствует следующим категориям: от места пересечения со МКАД до ул. Рябиновой (т. 8) – «загрязненная»; между ул. Рябиновой и Аминьевским ш. (т. 6) – «умеренно загрязненная»; между Аминьевским ш. и ул. Минской (т. 5, 4) – «чистая» и «загрязненная» соответственно; между ул. Минской и местом впадения в р. Москву (т. 3, 1) – «умеренно загрязненная». Категория загрязнения основных притоков р. Сетуни соответствует: «загрязненной» – р. Раменка (т. 4), «чистой» – р. Наверашка (т. 7). Состояние воды в прудах на Мосфильмовской ул. (т. 2) соответствует категории «умеренно загрязненная».

#### **Заключение**

В процессе проведения исследования сформулирован ряд выводов, основными из которых являются следующие:

1. Результаты визуальной экологической оценки состояния реки Сетуни свидетельствуют о том, что речная вода относится ко 2 и 3 категории «загрязнения». Состояние воды в пунктах № 2, 4 и 6 относится к категории «удовлетворительная». Визуальная экологическая оценка в пунктах № 1, 3, 5, 7 и 8 показала, что на данных участках реки «наблюдаются серьезные экологические проблемы».

2. Превышение концентраций по ряду веществ в речной воде Сетуни составили 1,1–16,6 ПДК. При этом превышения осенью 2024 г. зафиксированы по железу, меди, хрому, фтору и составили 1,7–16,6 ПДК, весной 2025 г. – зафиксированы по меди, карбонатам, хрому, фтору и составляют 1,1–10 ПДК.

3. Полученные данные показывают разовое превышение по железу в 1 пункте пробоотбора (1,7 ПДК), стабильное превышение содержания хрома в пунктах № 1–4 (4 ПДК), периодическое превышение по меди, фосфатам, карбонатам, фтору (2,6–16,6 ПДК).

4. В пунктах пробоотбора № 5 и 7 качество воды соответствует категория «чистая», в пунктах № 1–3, 6 – «умеренно загрязненная», в пунктах № 4 и 8 – «загрязненная».

5. Качество воды в реке Сетунь соответствует следующим категориям: от места пересечения со МКАД до Рябиновой ул. – «загрязненная», между ул. Рябиновой и Аминьевским ш. – «умеренно загрязненная», между Аминьевским ш. и Минской ул. – «чистая» и «загрязненная» соответственно, между Минской ул. и местом впадения в р. Москву – «умеренно загрязненная».

Категория загрязнения основных притоков р. Сетуни соответствует: «загрязненной» – р. Раменка, «чистой» – р. Наверашка. Состояние воды в прудах на Мосфильмовской ул. соответствует категории «умеренно загрязненная».

#### **Список литературы**

- Маркин И. М. Экологическое состояние качества воды реки Сетунь // Наука и образование сегодня. 2016. № 6 (7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sostoyanie-kachestva-vody-reki-setun> (дата обращения: 18.11.2024).
- Экологическая реабилитация долин малых рек г. Москвы: на примере рек Сетунь и Химки. URL: <https://new-disser.ru/avtoreferats/01002625853.pdf> (дата обращения: 13.11.2024).
- Евдокимова Е. В., Иванова Е. Ю., Кулакова М. В., Моргунов И. А. Комплексная гидрохимическая оценка качества вод реки Мещерихи в границах городского округа Лобня Московской области // Геоэкология, география и глобальная энергия. 2025. № 1 (96). С. 137–145. DOI: 10.54398/2077-6322.2025.96.1.019.

4. Исследование экологического состояния водных объектов: руководство по применению ранцевой полевой лаборатории «НКВ-Р» / под ред. А. Г. Муравьева. Санкт-Петербург: Крисмас+, 2021. 232 с.
5. Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязнения воды: практическое руководство. Москва: Лаборатория знаний, 2024. 681 с.
6. Классификация вод по интегральным показателям качества. URL: <https://studfile.net/preview/2040043/page:12> (дата обращения: 14.04.2025).
7. Официальный сайт «Природный заказник «Долина реки Сетунь»». URL: <http://www.setun.info> (дата обращения: 05.11.2024).
8. Постановление Правительства Москвы от 19 октября 2004 г. № 714-ПП «О природном заказнике «Долина реки Сетунь». URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/14783220> (дата обращения: 06.01.2025).
9. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях»: от 14.03.1995 № 33-ФЗ (ред. от 08.08.2024). URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_6072/ce98ed9bc2fc35acee2232585948a2b4bc927850](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ce98ed9bc2fc35acee2232585948a2b4bc927850) (дата обращения: 12.01.2025).
10. Расположение ООПТ «Долина реки Сетунь» на территории города Москвы. URL: <https://oort-msk.livejournal.com/96649.html> (дата обращения: 27.02.2025).
11. Заказник «Долина реки Сетунь». URL: [https://web.archive.org/web/20200919161134/https://mospriroda.ru/where\\_to\\_go/territorii/dolina\\_reki\\_setun](https://web.archive.org/web/20200919161134/https://mospriroda.ru/where_to_go/territorii/dolina_reki_setun) (дата обращения: 19.02.2025).
12. Геоэкологические условия бассейна реки Сетунь. URL: <https://prorektor.ru/planv.php?id=V17757> (дата обращения: 06.01.2025).
13. Моргалюк Ю. Б., Шур И. В., Кузнецов С. Ю., Симакова А. К., Кузнецов В. А. Оценка негативного влияния города на природные территории на примере природного заказника «Долина реки Сетунь» // Успехи в химии и химической технологии. 2007. № 10 (78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-negativnogo-vliyaniya-goroda-na-prirodnye-territorii-na-primere-prirodnogo-zakaznika-dolina-reki-setun> (дата обращения: 06.05.2025).
14. Сетуньские групповые очистные сооружения. URL: <https://flan.ru/projects/setunskie-grupповые-ochistnye-sooruzheniya> (дата обращения: 03.12.2024).
15. Яндекс карты. URL: <https://yandex.ru/maps/213/moscow/?ll=37.664215%2C55.606983&z=14> (дата обращения: 11.03.2025).

#### References

1. Markin I. M. Ecological state of water quality of the Setun River. *Science and education today*; 2016:6(7). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sostoyanie-kachestva-vody-reki-setun> (accessed 18.11.2024) (In Russ.).
2. *Ecological rehabilitation of small river valleys in Moscow: on the example of the Setun and Khimki rivers*. URL: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01002625853.pdf](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002625853.pdf) (accessed 13.11.2024) (In Russ.).
3. Evdokimova E. V., Ivanova E. Yu., Kulakova M. V., Morgunov I. A. Comprehensive hydrochemical assessment of the water quality of the Meshcherikha River within the boundaries of the Lobnya urban district of the Moscow region. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;1(96):137–145. DOI: 10.54398/2077-6322.2025.96.1.019 (In Russ.).
4. *Study of the ecological state of water bodies: Guide to the use of the backpack field laboratory «НКВ-Р»*. Ed. Ph.D. A. G. Muravyov. St. Petersburg: Christmas+; 2021:232 (In Russ.).
5. Drugov Yu. S., Rodin A. A. *Analysis of water pollution: a practical guide*. Moscow: Laboratory of knowledge 2024:681 (In Russ.).
6. *Classification of waters by integral quality indicators*. URL: <https://studfile.net/preview/2040043/page:12> (accessed 14.04.2025) (In Russ.).
7. *Official website of the «Setun River Valley Nature Reserve»*. URL: <http://www.setun.info> (accessed 05.11.2024) (In Russ.).
8. *Resolution of the Government of Moscow of October 19, 2004 № 714-PP «On the Setun River Valley Nature Reserve»*. URL: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/14783220> (accessed 06.01.2025) (In Russ.).
9. *Federal Law «On Specially Protected Natural Areas»: dated 14.03.1995 № 33-FZ (as amended on 08.08.2024)*. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_6072/ce98ed9bc2fc35acee2232585948a2b4bc927850](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_6072/ce98ed9bc2fc35acee2232585948a2b4bc927850) (accessed 12.01.2025) (In Russ.).
10. *Location of the Protected Area «Setun River Valley» on the territory of the city of Moscow*. URL: <https://oort-msk.livejournal.com/96649.html> (accessed 27.02.2025) (In Russ.).
11. *Setun River Valley Nature Reserve*. URL: [https://web.archive.org/web/20200919161134/https://mospriroda.ru/where\\_to\\_go/territorii/dolina\\_reki\\_setun](https://web.archive.org/web/20200919161134/https://mospriroda.ru/where_to_go/territorii/dolina_reki_setun) (accessed 19.02.2025) (In Russ.).
12. *Geoecological conditions of the Setun River basin*. URL: <https://prorektor.ru/planv.php?id=V17757> (accessed 06.01.2025) (In Russ.).
13. Morgalyuk Yu. B., Shur I. V., Kuznetsov S. Yu., Simakova A. K., Kuznetsov V. A. Assessment of the negative impact of the city on natural areas using the Setun River Valley nature reserve as an example. *Advances in Chemistry and Chemical Technology* 2007:10(78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-negativnogo-vliyaniya-goroda-na-prirodnye-territorii-na-primere-prirodnogo-zakaznika-dolina-reki-setun> (accessed 06.05.2025) (In Russ.).
14. *Setunskie group treatment facilities*. URL: <https://flan.ru/projects/setunskie-grupповые-ochistnye-sooruzheniya> (accessed 03.12.2024). (In Russ.).
15. *Yandex Maps*. URL: <https://yandex.ru/maps/213/moscow/?ll=37.664215%2C55.606983&z=14> (accessed 11.03.2025) (In Russ.).

Информация об авторах

Иванова Е. Ю. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук;

Липовская Е. С. – магистрант кафедры географии, геоэкологии и природопользования факультета естественных наук.

Information about the authors

Ivanova E. Yu. – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor of the Department of Geography, Geocology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences;

Lipovskaya E. S. – Master's student of the Department of Geography, Geocology and Environmental Management, Faculty of Natural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.07.2025; одобрена после рецензирования 07.08.2025; принята к публикации 20.08.2025.

The article was submitted 24.07.2025; approved after reviewing 07.08.2025; accepted for publication 20.08.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 88–94.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):88–94 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 502:911.375.4  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.013>

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ УРБОСРЕДЫ

Шестакова Кристина Михайловна<sup>1</sup>, Зайцев Роман Андреевич<sup>2</sup>, Межова Лидия Александровна<sup>3</sup>, Луговской Александр Михайлович<sup>4</sup>✉

<sup>1, 2, 3</sup>Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия

<sup>4</sup>Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

<sup>1</sup>kristinkashestakova1@mail.ru

<sup>2</sup>zaizairoma@mail.ru

<sup>3</sup>lidiya09mezhova@yandex.ru

<sup>4</sup>alug1961@yandex.ru✉

**Аннотация.** Городская экологическая среда представляет полиструктурную природно-антропогенную геосистему. Исследования геоэкологических условий территории городов направлены на выявление связей, процессов, явлений и зависимостей состояния как компонентов городской среды, так и геосистемы в целом. Основной объект исследований – урбосреда. Анализ естественных и природно-техногенных процессов, протекающих в урбосреде, позволил выявить негативные геоэкологические последствия – степень экологической опасности, ее пространственного распространения и трансформации в процессе урбанизации. Рассмотрены геоэкологические проблемы и возможные варианты управления ресурсным потенциалом городских территорий. Рассмотрены методологические и методические подходы к геоэкологической оценке урбосреды. Обосновываются предложения по созданию логико-структурных моделей по формированию благоприятной городской среды, включая мониторинг геоэкологических процессов, экологическую защиту территорий, оценку риска и обеспечение безопасности для проживания населения, разработку мероприятий по управлению урбосредой – выбор вариантов для оптимизации среды обитания городского населения.

**Ключевые слова:** геоэкологическая ситуация городской среды, урбосреда, ресурсный потенциал, моделирование связей, устойчивость, геоэкологические условия, подходы к анализу и оценке городской среды

**Для цитирования:** Шестакова К. М., Зайцев Р. А., Межова Л. А., Луговской А. М. Теоретические и прикладные геоэкологические подходы к изучению урбосреды // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 88–94. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.013>.

### THEORETICAL AND APPLIED GEOECOLOGICAL APPROACHES TO THE STUDY OF THE URBAN ENVIRONMENT

Kristina M. Shestakova<sup>1</sup>, Roman A. Zaitsev<sup>2</sup>, Lidia A. Mezkhova<sup>3</sup>, Alexander M. Lugovskoy<sup>4</sup>✉

<sup>1, 2, 3</sup>Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

<sup>4</sup>Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

<sup>1</sup>kristinkashestakova1@mail.ru

<sup>2</sup>zaizairoma@mail.ru

<sup>3</sup>lidiya09mezhova@yandex.ru

<sup>4</sup>alug1961@yandex.ru✉

**Abstract.** The urban ecological environment is a polystructural natural and anthropogenic geosystem. Studies of the geoecological conditions of urban areas are aimed at identifying the relationships, processes, phenomena and dependencies of the state of both the components of the urban environment and the geosystem as a whole. The main object of research is the urban environment. The analysis of natural and man-made processes occurring in the urban environment has revealed negative geoecological consequences – the degree of environmental danger, its spatial spread and transformation in the process of urbanization. The article discusses geo-ecological problems and possible options for managing the resource potential of urban territories. It also examines methodological and practical approaches to geo-ecological assessment of urban environments. Logical and structural models for preserving a favorable urban environment have been proposed, including monitoring of geo-ecological processes, environmental protection of territories, risk assessment, and ensuring safety for the population. The development of measures for managing the urban environment involves selecting options for optimizing the living conditions of the urban population.

**Keywords:** geo-ecological situation of the urban environment, urban environment, resource potential, modeling of relationships, sustainability, geo-ecological conditions, and approaches to analyzing and evaluating the urban environment

**For citation:** Shestakova K. M., Zaitsev R. A., Mezkhova L. A., Lugovskoy A. M. Theoretical and applied geoecological approaches to the study of the urban environment. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):88–94. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.013> (In Russ.).

В городах сфокусировано значительное количество объектов техногенного воздействия на окружающую среду. Это привело к появлению различных типов геоэкологических проблем, которые имеют разнообразные формы пространственно-временного выражения, а также в них сосредоточен значительный процент населения. В этой связи развиваются концептуальные подходы к геоэкологическим исследованиям оценки, районирования и оптимизации среды обитания городского населения [1–3]. Основные концептуальные подходы были заложены в 1970–2000 гг. в трудах Н. С. Касимова, В. А. Алексеенко, М. С. Панина, М. А. Глазовской, И. А. Авесаломовой, С. А. Двинских, Н. В. Бажукова, М. А. Кондратьева, В. В. Добровольского, А. Д. Арманд, С. А. Артемьева, В. Н. Еремина, В. А. Кононова, Н. Б. Барбаш, Э. Ю. Безуглой, В. Г. Заиканова, Т. Б. Минакова, Е. Б. Смирнова, Г. А. Беллер, А. В. Дончевой, Л. К. Казакова, В. Н. Калужкова, Г. Г. Лазукова, Э. К. Буренкова, И. Л. Борисенко, Р. С. Вальтер, Ю. Г. Тютюнник, В. Н. Василенко, Г. А. Исаченко, Н. Ф. Ремерса.

#### Результаты и обсуждения

В исследованиях В. И. Блануца определены основные подходы к анализу и оценке городской среды. Под подходом понимается стратегия авторского исследования, включающая системы понятий, принципов, показателей и методов [4, 5, 8]. Основные научные подходы В. И. Блануца [6] к изучению городской среды представлены на рисунке 1.

Типы подходов	Сущность подходов
Статистико-отраслевой подход.	Городская среда характеризуется множеством качественных и количественных показателей, представляет один из начальных этапов научного исследования и предпринимаются попытки отразить всё многообразие городской среды.
Статистико-комплексный подход.	Направлен на разработку математико-статистических операций, позволяющий свести разнородные показатели в комплексный и обосновать целостность городской среды.
Статистико-функциональный модельный подход.	Включает создание полифункциональной модели городской среды. Применяется для разработках нормативных прогнозов преобразования городской среды.
Индикативно-интегральный подход.	Развивается на основе поиска индикаторов для интегральной оценки городской среды.
Субъективно-интегральный подход.	Основа на субъективном восприятии среды города – населением, выявляется при социологическом опросе горожан и метода экспертных оценок.
Проблемно-комплексный подход.	Формируется на основе перевода результатов междисциплинарных исследований на определение комплекса проблем для обоснования целостности городской среды.

Рисунок 1 – Основные подходы изучения городской среды (по В. И. Блануца)

В российских и зарубежных исследованиях преобладает средовой подход в оценке состояния и качества городской среды обитания [7–12]. Существуют различные трактовки сред, которые классифицируют на природную, антропогенную, социальную, техногенную. В их оценке используют социологические, санитарно-гигиенические, технологические методы исследований.

Оцениваются отдельные компоненты сред городов с различных аспектов, которые представляют сравнение существующих их состояний при помощи разнообразных методов в выявлении отклонений от «эталонных». Преобладают «оценки воздействия на урбанизированную среду», которые являются элементами экологических экспертиз, а также проводится их компонентный анализ [13]. Но разнообразие методик и приемов анализа, а также вариативность уровней исследований не позволяет проводить сравнительный анализ состояния сред разнообразных урбанизированных территорий. Прикладные проблемы в оценке городов возникают при разработке экологических стандартов, в которых не используют зональные и региональные особенности территорий. Разработаны как индексы отдельных природных компонентов, так и интегральные индексы качества городской среды.

В основном оценивается качество всех социальных, экологических и природных условий жизни населения в городах, которое получило название «качество жизни». В геоэкологических

исследованиях основное внимание уделяется изучению физических факторов урбосреды, ее измерения, определения источников воздействия, ее анализа, влияния на человека и биоту, разработки рекомендаций по ее оптимизации. Геофизические методы исследования позволяют определить влияние электромагнитных воздействий на организм человека, биоты. Оценивается влияние электромагнитных полей на основе медико-биологических подходов. Основные результаты геофизических исследований состоят в высоковольтных сетях и электромагнитных полей промышленной частоты, что проявляется в нарушении нормальной жизнедеятельности организма. При этом началом воздействия в организме следует считать момент проявления обратимых функциональных нарушений, которые только могут позже привести к патологическим эффектам. Определены и экологические проблемы воздействия шума на организм в жилых помещениях: днем – 40 дБ, ночью – 30 дБ, а в придомовых территориях: днем – 55 дБ и ночью – 45 дБ [14]. К проблемам теплоэнергетики относятся и метеоявления в форме «тепловых островов» и ритмических ветров, получивших название «городских бризов».

Научные исследования, связанные с геофизическими методами, направлены на решение проблем эффективной защиты человека и биоты от неблагоприятных факторов окружающей урбосреды [15]. Эколого-геохимические методы основываются на анализе состояния среды и на выявлении и оценке геохимических аномалий, их влияния на функционирование различных эколого-геохимических зон городов [16, 17]. Основные направления исследований сведены в следующие положения:

- анализ воздушной среды и выбросов в атмосферу. Большое значение придается изучению состава атмосферных выпадений, статистическому моделированию возможных концентраций и полей загрязняющих веществ, их эмиссии в атмосферу от техногенных источников;
- концепция водообмена города, которая определяется как фактор функционирования и влияния на окружающую среду с оценкой водных ресурсов и качества питьевых и хозяйственных вод, полноты их очистки и снижения сброса сточных вод;
- анализ депонирующих аккумулирующих сред, включая снег, почвы, растения, донные отложения водоемов, химический состав которых достаточно точно концентрирует длительное загрязнение в результате трансформации городской среды. Она базируется на оценках реального распределения загрязняющих веществ на территории городской среды;
- ландшафтно-геохимический анализ исследует конкретное распределение загрязняющих веществ в депонирующих компонентах городской среды по результатам их геохимического отбора проб. Важнейшее место отводится техногенным атмо-водно-геохимическим потокам и оценке состояния воздушной среды по химическому составу снежного покрова.

Оценка природного геохимического фона окружающей территории включает получение детальной информации о региональной литогеохимической и биогеохимической специализации эталонных фоновых участков, расположенных вне зоны влияния городской среды.

Анализ природного потенциала города как фактора загрязнения и самоочищения городской среды с учетом климатических, геолого-геоморфологических, биологических и ландшафтно-геохимических особенностей территории [18]. Важное место в этом анализе занимают экспериментальные исследования устойчивости отдельных компонентов к различным видам техногенных нагрузок, позволяющие прогнозировать их дальнейшее состояние.

Учет техногенных источников загрязнения водных ресурсов включает анализ количества и состава выбросов стоков и отходов, установление зон потенциального загрязнения города. В настоящее время выполнено большое количество работ, посвященных методам геохимической индексации загрязнения.

Аномалии в снежном покрове позволяют выявлять пространственную дифференциацию продуктов техногенеза их источников, а также количественно оценить массу выпадающих на земную поверхность веществ природного и техногенного происхождения. В составе снега как аккумулятивного индикатора отражается техногенная специализация как промышленных зон, так и отдельно стоящих техногенных источников.

Индикатором загрязнения города являются растения, в этой связи биохимическая индексация получила широкое применение. Их индикаторное значение заключается в использовании морфологических и биогеохимических ответных реакций биоты на техногенное загрязнение атмосферы, воды, почв токсичными веществами.

Биохимическая оценка включает определение уровней содержания тяжелых металлов в растениях города относительно биогеохимического фона, выбор индикаторных видов и органов растений вокруг промышленных и коммунальных источников. Биогеохимическая индексация состояния городской среды дает информацию о загрязнении территории в период вегетации растений и активной водной миграции веществ, поступающих в растения из загрязненных почв.

Зимой растения могут выступать только как депонирующие поверхности. Кора деревьев, листья, хвоя используются как универсальные биоиндикаторы загрязнения городов [19–21].

Одним из основных методов оценки состояния городской среды является геохимическое картографирование почвенного покрова. Использование почвенного покрова в качестве индикатора основано на свойствах почвы, депонирования загрязнителей в течение всего периода действия техногенных источников. Почвенно-геохимический анализ городской среды включает четыре этапа и представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм изучения одной из депонирующих сред городов

Математическое моделирование применяют при анализе динамики городских геосистем в процессе прогнозирования изменений, которые могут произойти как под воздействием человека, так и повлиять на его состояние здоровья.

Модели служат для выявления основных связей и выделения последовательных этапов прогнозирования какого-либо природно-техногенного процесса. Для построения математических моделей используется разнородная информация, отражающая физико-географические закономерности процесса и явления, опираясь на эмпирически полученные результаты наблюдений.

Выбираются параметры, используемые при расчетах, чаще всего количество выбросов, высота выбросов, источники выбросов, время на которое осуществляется прогноз. После этого при помощи целой системы сложных математических уравнений, с применением ГИС-технологий рассчитываются необходимые показатели. Результаты моделирования выводятся на дисплей в виде графиков, карт таблиц. На основании полученных данных разрабатывают рекомендации по снижению уровня протекания негативных процессов в компонентах городской среды.

Дистанционные исследования на основе изучения целой серии разновременных космических или аэроснимков одной и той же территории города позволяет оценить структуру и динамику геоэкологических процессов. Преобладающим подходом в оценке городской среды является определение антропогенной нагрузки и оценки степени трансформации урбосреды.

Под антропогенной нагрузкой понимается степень техногенного воздействия, вызывающая изменения отдельных свойств компонентов ландшафта, которые могут привести к нарушению ландшафтной структуры и служат основой определения геоэкологической ситуации. Эколого-географическое картографирование позволяет отразить настоящее, прошлое и будущее экосостояния урбосреды, интенсивно развиваются приемы и методы использования карт в целях прогнозирования и решения прикладных задач.

В настоящее время сложными проблемами является создание логико-структурных и математических моделей комфортной урбосреды с учетом региональных ландшафтных особенностей, а также изучение геоэкологических процессов, оценка риска для проживания населения, создание единого центра мониторинга и управления урбосредой.

### **Заключение**

Таким образом, многоплановость экологических проблем городов обуславливает необходимость разработки междисциплинарного анализа и комплексного решения этих проблем. Применение системного подхода позволяет анализировать экологические последствия воздействия на урбосреду в тесной связи с организационными структурами деятельности, включая управление, политику и решения различного рода геоэкологических конфликтов. В исследованиях урбанизированных территорий преобладает компонентный подход оценки состояния окружающей среды, при котором сравнивается существующее состояние компонентов и аспектов среды с эталонным состоянием, которое выражается в виде всевозможных стандартов, нормативов. Ведутся попытки разработки комплексных и интегральных геоэкологических подходов. Методы геоэкологических исследований городов направлены на изучение состояния окружающей среды, выявление источников загрязнения, снижение уровня неблагоприятных антропогенных воздействий и создание оптимальной экосреды городов. Комплексные исследования в рамках разрабатываемых концепций в сочетании с медико-экологической информацией могут дать необходимые целостные представления для оценки прогноза экологического состояния города, его влияния на природную среду пригорода, состояния здоровья населения и представляют сочетание компонентного и системных анализов. Анализ результатов экологической оценки городов показал, что особенно эффективна методология, базирующаяся на синтезе как естественно-теоретических, так и прикладных представлений геоэкологического изучения городов, используемых в российской и мировой практике.

### **Список литературы**

1. Авессаломова И. А. Ландшафтно-функциональные карты при изучении геохимических аномалий в городе // Вестник МГУ. Серия географическая. 1986. № 5. С. 35–42.
2. Ардаков Г. Н. Снежный покров как индикатор загрязнения объектов окружающей среды // Великие реки – 2001: материалы Международного конгресса. 15–18 мая 2001 г. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2001. С. 141–142.
3. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. 200 с.
4. Беллер Г. А. Технологические критерии качества городской природной среды // Проблемы качества городской среды. Москва: Наука, 1989. С. 90–99.
5. Бобра Т. В., Свербилова А. А. Мониторинг шумового загрязнения территории г. Симферополя // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. Т. 6 (72), № 2. С. 180–190.
6. Блануца В. И. Общественная география: цифровые приоритеты XXI века: монография. Москва: Инфра-М, 2022. 252 с.
7. Брусиловская С. В., Алексеева Н. Н. Современные подходы к оценке и картографированию шумового загрязнения в городах // Экология урбанизированных территорий. № 1. С. 88–95.
8. Дьячкова О. Н., Михайлов А. Е. Опыт применения эмпирических функций распределения для описания градостроительной деятельности (на примере Санкт-Петербурга) // Экология урбанизированных территорий. № 2. С. 61–71.
9. Дмитриев Ю. О. Таксономический анализ урбанофлоры в оценке состояния урбосреды (на примере г. Ульяновска) // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 9. С. 136–137.
10. Еркина Н. В. Влияние техногенного загрязнения урбосреды на показатели жизнестойкости городской биоты (пресноводной малакофауны, почвенной мезофауны, эпифитной лишайной флоры) // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2016. № 3. С. 73–80.
11. Зубкова Т. А., Кавтарадзе Д. Н., Попова Н. В. Почвы городских экосистем, экологические и социальные риски // Экология урбанизированных территорий. № 1. С. 70–79.
12. Кавеленова Л. М. О значении природных компонентов урбосреды с позиций устойчивого развития и биомониторинга // Вестник Самарского государственного университета. 2002. URL: <http://ssu.samara.ru/vestnik/est>.
13. Карташов А. Г. Электромагнитная составляющая современной урбанизированной среды // Радиационная биология. Радиоэкология. 2001. Т. 41, № 6.
14. Социальная экология человека. Томск, 2001.
15. Кочуров Б. И., Блинова Э. А., Ивашкина И. В. Биоиндикация при проведении урбэкодиагностики городской среды // Экология урбанизированных территорий. № 1. С. 52–55.
16. Кочуров Б. И., Чевель К. А. Исторический и геоэкологический анализ водоснабжения мегаполиса Москва // Экология урбанизированных территорий. № 2. С. 27–33.
17. Кочуров Б. И., Чубченко Н. В. Пигментный состав как биоиндикатор в урбэкодиагностике городской среды // Экология урбанизированных территорий. № 4. С. 26–34.
18. Мэннинг У. Дж., Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1985. 144 с.
19. Ткаченко Л. Я., Ивашкина И. В., Кочуров Б. И. Экологизация территориального планирования урбанизированных регионов Европы: лучшие зарубежные практики // Экология урбанизированных территорий. № 4. С. 99–109.

20. Трухина Н. И., Корницкая О. В., Попова О. А., Плаксина Ю. М. Управление городской средой при использовании технологий информационного моделирования // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 7–2. С. 212–217.
21. Федорова Д. Г., Назарова Н. М. Перспективность использования листовых многолетних древесно-кустарниковых растений в биомониторинге урбосреды (Оренбург, Россия) // Системы контроля окружающей среды. 2019. Вып. 4, декабрь. С. 114–122.
22. Экология города: учебное пособие / под ред. В. В. Денисова. Москва: ИКЦ «МарТ»; Ростов-на-Дону: ИЦ «МарТ», 2008. 832 с.

#### References

1. Absalomova I. A. Landscape and functional maps in the study of geochemical anomalies in the city. *Bulletin of the Moscow State University. Geographical series*. 1986;5:35–42 (In Russ.).
2. Ardakov G. N. Snow cover as an indicator of environmental pollution. *Great Rivers – 2001: Proceedings of the International Congress. May 15–18, 2001*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering; 2001:141–142 (In Russ.).
3. Bezuglaya E. Yu. *Monitoring of the State of Air Pollution in Cities*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1986:200 (In Russ.).
4. Beller G. A. Technological criteria of the quality of the urban natural environment. *Problems of the quality of the urban environment*. Moscow: Nauka Publ.; 1989:90–99 (In Russ.).
5. Bobra T. V., Sverbilova A. A. Monitoring of noise pollution of the territory of the city of Simferopol. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology*. 2020;6(72);2:180–190 (In Russ.).
6. Blanutsa V. I. *Public Geography: Digital Priorities of the 21st Century: monograph*. Moscow: Infra-M Publ.; 2022:252 (In Russ.).
7. Brusilovskaya S. V., Alekseeva N. N. Modern Approaches to Assessment and Mapping of Noise Pollution in Cities. *Ecology of Urbanized Areas*; 1:88–95 (In Russ.).
8. Dyachkova O. N., Mikhailov A. E. Experience in Applying Empirical Distribution Functions to Describe Urban Planning Activities (Based on the Example of Saint Petersburg). *Ecology of Urbanized Areas*; 2:61–71 (In Russ.).
9. Dimitriev Yu. O. Taxonomic Analysis of Urban Flora in Assessing the State of the Urban Environment (on the Example of Ulyanovsk). *Modern High-Tech Technologies*. 2010;9:136–137 (In Russ.).
10. Yorkina N. V. Influence of technogenic pollution of urban environment on vitality indicators of urban biota (freshwater malacofauna, soil mesofauna, epiphytic lichen flora). *Bulletin of Moscow University. Series 16. Biology*. 2016;3:73–80 (In Russ.).
11. Zubkova T. A., Kavtaradze D. N., Popova N. V. Soils of urban ecosystems, ecological and social risks. *Ecology of Urbanized Territories*; 1:70–79 (In Russ.).
12. Kavelenova L. M. On the importance of natural components of the urban environment from the perspective of sustainable development and biomonitoring. *Bulletin of Samara State University*, 2002. <http://ssu.samara.ru/~vestnik/est> (In Russ.).
13. Kartashov A. G. Electromagnetic component of the modern urban environment. *Radiation Biology. Radioecology*. 2001;41:6.
14. *Social ecology of man*. Tomsk, 2001 (In Russ.).
15. Kochurov B. I., Blinova E. A., Ivashkina I. V. Bioindication in Urban Ecological Diagnostics of the Urban Environment. *Ecology of Urbanized Territories*; 1:52–55 (In Russ.).
16. Kochurov B. I., Chevel K. A. Historical and Geoeological Analysis of the Moscow Megalopolis Water Supply. *Ecology of urbanized territories*; 2:27–33 (In Russ.).
17. Kochurov B. I., Chubchenko N. V. Pigment composition as a bioindicator in urban ecology of the urban environment. *Ecology of urbanized territories*; 4:26–34 (In Russ.).
18. Manning W. J., Feder W. A. *Biomonitoring of atmospheric pollution by plants*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1985:144 (In Russ.).
19. Tkachenko L. Ya., Ivashkina I. V., Kochurov B. I. Ecologization of Territorial Planning in Urbanized Regions of Europe: Best Foreign Practices. *Ecology of Urbanized Territories*; 4:99–109 (In Russ.).
20. Trukhina N. I., Kornitskaya O. V., Popova O. A., Plaksina Yu. M. Management of the Urban Environment Using Information Modeling Technologies. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2023; 7–2:212–217 (In Russ.).
21. Fedorova D. G., Nazarova N. M. Prospects for the Use of Deciduous Perennial Woody and Shrubby Plants in Urban Environment Biomonitoring (Orenburg, Russia). *Environmental Control Systems*. 2019; 4;December:114–122 (In Russ.).
22. *Urban Ecology: Textbook*. Edited by V. V. Denisov. Moscow: ITC «MarT»; Rostov-on-Don: «MarT»; 2008:832 (In Russ.).

#### Информация об авторах

Шестакова К. М. – аспирант кафедры географии и туризма;  
Зайцев Р. А. – аспирант кафедры географии и туризма;  
Межова Л. А. – кандидат географических наук, доцент кафедры географии и туризма;  
Луговской А. М. – доктор географических наук, профессор кафедры географии.

#### Information about the authors

Shestakova K. M. – postgraduate student of the Department of Geography and Tourism;  
Zaitsev R. A. – postgraduate student of the Department of Geography and Tourism;

Mezhova L. A. – Candidate of Geography, Associate Professor of the Department of Geography and Tourism;  
Lugovskoy A. M. – Doctor of Geography, Professor of the Department of Geography.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 11.08.2025; одобрена после рецензирования 27.08.2025; принята к публикации 10.09.2025.

The article was submitted 11.08.2025; approved after reviewing 27.08.2025; accepted for publication 10.09.2025.

Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 95–102.  
Geology, Geography and Global Energy. 2025;4(99):95–102 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 543.31  
<https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.014>

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД  
ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ ГОРОДА АСТРАХАНИ  
ПО УРОВНЮ СОДЕРЖАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Клементьева Александра Владимировна  
Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
Klementeva98@gmail.com

**Аннотация.** В данной научной статье проводится анализ различных исследований присутствия концентраций некоторых тяжелых металлов, биогенных элементов и нефтепродуктов в поверхностных природных водах канала Приволжский затон, рукавов Кутума и Царева, расположенных на территории города Астрахани и Астраханской области. Определенное внимание уделяется сравнению данных, полученных в 2024 и 2025 годах исследования; кроме того, приводится оценка состояния водоемов в соответствии с нормативами ГОСТ о предельно допустимых концентрациях химических веществ в воде. В предлагаемом исследовании представлены сведения о современном уровне состояния природных водных объектов, а также даются рекомендации по возможному использованию полученных экспериментальных данных с целью улучшения качества водной среды региона, расположенного в Южном федеральном округе.

**Ключевые слова:** природные водоемы, качество воды, поверхностные воды, высокие концентрации, экологическое состояние, загрязняющие вещества, гидрохимическая ситуация, химический состав воды, уровень загрязненности, критические показатели загрязненности воды, реки города Астрахани

**Для цитирования:** Клементьева А. В. Оценка качества поверхностных вод природных водоемов города Астрахани по уровню содержания различных химических соединений // Геология, география и глобальная энергия. 2025. № 4 (99). С. 95–102. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.014>.

**ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SURFACE WATER  
OF NATURAL WATER BODIES OF THE CITY OF ASTRAKHAN  
BY THE LEVEL OF CONTENT OF VARIOUS CHEMICAL COMPOUNDS**

Alexandra V. Klementeva  
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
Klementeva98@gmail.com

**Abstract.** This scientific article analyzes various studies on the presence of certain heavy metals, nutrients, and petroleum products in surface waters of the Privolzhsky Zaton Canal, the Kutum Branch, and the Tsarev Branch, located in Astrakhan and the Astrakhan Region. Particular attention is paid to comparing data obtained in 2024 and 2025. Furthermore, the condition of these water bodies is assessed in accordance with GOST standards for maximum permissible concentrations of chemicals in water. This study presents information on the current condition of natural water bodies and provides recommendations for the possible use of the obtained experimental data to improve the quality of the aquatic environment in the Southern Federal District.

**Keywords:** natural water bodies, water quality, surface water, high concentrations, environmental status, pollutants, hydrochemical situation, water chemistry, pollution level, critical water pollution indicators, rivers of Astrakhan

**For citation:** Klementeva A. V. Assessment of the quality of surface water of natural water bodies of the city of Astrakhan by the level of content of various chemical compounds. *Geology, Geography and Global Energy*. 2025;4(99):95–102. <https://doi.org/10.54398/2077-6322.2025.99.4.014> (In Russ.).

Антропогенная нагрузка на водные объекты города Астрахани вызывает тревогу и представляет экологическую опасность, связанную с высоким уровнем загрязнений и тенденцией его увеличения от года к году.

Весьма актуальными являются исследования состояния притоков реки Волги, в том числе малых рек Астраханской области, поскольку качество вод определяет состав и структуру биоценозов водоемов. Особенно важное значение в этой связи отводится малым природным водам густонаселенных территорий, имеющих определяющую роль в формировании экологического природного каркаса города [9].

Ухудшение качества воды в устьевой части Нижней Волги в Астраханской области обусловлено влиянием антропогенных факторов, одним из которых является деятельность большого количества предприятий разных отраслей промышленности. Загрязненность рек Астрахани и области по сравнению с регионами крупного промышленного и сельскохозяйственного освоения невысока, учитывая преимущественно рекреационный характер использования этих территорий.

Значение для страны Южного Федерального округа определяется богатством его природных ресурсов и перспективностью экономического развития. Ресурсно-сырьевая база ЮФО – одна из самых значительных в стране. Основу экономики округа составляют базовые отрасли промышленности – тяжелая индустрия, основанная на использовании местных сырьевых и энергетических ресурсов: добывающая, металлургическая, машиностроительная, химическая, пищевая, легкая промышленность, сельское хозяйство. Большой комплекс источников загрязнения, безусловно, оказывает негативное влияние на качество поверхностных вод [3].

По результатам анализа данных гидрохимической сети Росгидромета за период 2015–2025 гг. проведена оценка динамики качества поверхностных вод рек Астраханской области. Как «загрязненная» и «очень загрязненная» (3 класс качества) характеризуется вода в створах водных объектов, расположенных на территории Астраханской области (50 %). Качество водных объектов продолжает ухудшаться на тех территориях, где увеличилось число водных объектов, вода которых оценивалась 4 классом как «грязная» и «очень грязная» от 36 до 91 % [10].

Создание гидроузлов Волжско-Камского каскада водохранилищ значительным образом изменило гидрологические условия дельты Волги. Нарушение характера внутригодового распределения стока, перекрытие путей миграции на нерест ценнейших и уникальных видов проходных и полупроходных рыб, антропогенные воздействия сточных вод многочисленных промышленных предприятий создали угрозу устойчивому функционированию ряда отраслей экономики. Водохозяйственные проблемы дельты Волги обусловлены как природными условиями региона, так и несоответствием качества очистки сточных вод экологическим требованиям при многоцелевом использовании водных ресурсов [12]. При этом особенностью рек Астраханской области является тот факт, что улучшение и поддержание на соответствующем уровне экологического состояния системы возможно в основном за счет регулирования стока каскадом природных вод.

Особенностью природных вод этого региона является большая однородность химического состава воды по глубине и акватории, которая объясняется многократным обменом воды – около восьми раз в год. Вторая причина малой изменчивости химического состава воды – динамичность водных масс, охватывающих помимо сезонных вертикальных циркуляций всю толщу воды, перемещение осуществляется под воздействием ветровых течений. Вода рек г. Астрахани и Астраханской области относится к водным объектам средней минерализации в пределах 228–355 мг/л [9].

Гидрохимический режим природных вод формируется под воздействием сточных вод предприятий жилищно-коммунального хозяйства, нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности. Негативное влияние на качество воды также оказывают судоходство и неорганизованные сбросы с сельскохозяйственных угодий.

Качество воды р. Волги, ее многочисленных рукавов и проток в пределах Астраханской области формируется под воздействием вышележащих водохранилищ, коммунально-бытовых и промышленных стоков городов, дренажно-сбросных вод с орошаемых земель, сточных вод рыбного хозяйства и речного флота. К сожалению, действующие в настоящее время очистные сооружения работают не всегда эффективно. Очистке подвергается лишь 50 % забираемой воды для хозяйственно-питьевых нужд, в результате в р. Волгу сбрасываются недостаточно очищенные стоки, содержащие нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы и ряд других загрязняющих веществ [4].

Качество воды большинства створов природных вод нашего региона характеризуется 3 классом разряда «а» («загрязненная»), участок р. Волги в районе г. Волгограда – 3 классом разряда «б» («очень загрязненная»).

Наиболее напряжена экологическая обстановка на участке р. Волги на территории Астраханской области от с. Верхнее Лебяжье до г. Астрахани, где вода соответствует 4 классу качества («грязная»).

В низовье р. Волги в пределах Волго-Ахтубинской поймы и дельты вода рукавов Бузана, Кривая Болда, Камызяка, вода протоков реки Кигач и рукава Ахтуба оценивается либо как «очень загрязненная» (3 класс, разряд «б»), либо как «грязная» (4 класс качества).

Характерными загрязняющими веществами воды рек дельты Волги в разные годы являлись легкоокисляемые (по БПК<sub>5</sub>) и трудноокисляемые (по ХПК) органические вещества, соединения меди и цинка, для отдельных водных объектов – нефтепродукты, аммонийный и нитритный азот, реже фенолы и соединения железа и никеля. Наибольший уровень загрязненности воды этих рек наблюдали в 2015–2020 гг. по соединениям меди, среднегодовые концентрации которых колебались в пределах 3–18 ПДК, максимальные достигали 86 ПДК. Частота обнаружения соединений

меди выше ПДК составляла 83–100 %. Стабильно было содержание нефтепродуктов, среднегодовые концентрации которых превышали ПДК в воде рек Бузан и Кривая Болда в 2–6 раз, максимальные концентрации достигали 9 ПДК в воде рек протоков реки Кигач и рукава Ахтуба, где повторяемость случаев превышения ПДК достигала 100 %. В 2021–2025 гг. содержание нефтепродуктов в воде этих рек уменьшилось до величин, не превышающих ПДК по среднегодовым концентрациям, наблюдались единичные случаи превышения 1–2 ПДК в 2025 г. Вода всех рек загрязнена соединениями цинка в среднем до 1–5 ПДК, в 2020–2025 г. – до 1–2 ПДК [8].

В исследованиях качества воды в настоящее время широко применяется аналитический химический анализ, который в наши дни является достоверным, воспроизводимым и надежным способом оценки пригодности воды для ее использования.

Целью данного исследования явилась оценка состояния водоемов г. Астрахани и области по химическим показателям.

Объектом исследования являлись природные воды следующих внутригородских водоемов: канал Приволжский затон, канал им. 1 Мая (Варвация), рукав Кутум, рукав Царев. Материалом для данных исследований послужили пробы воды, отбирившиеся в двух точках каждого анализируемого водоема в мае 2024 г. и апреле 2025 г.

Оценка состояния внутригородских водоемов г. Астрахани была основана на исследовании массовых концентраций тяжелых металлов, биогенных элементов и нефтепродуктов. Лабораторные испытания проводились с участием аккредитованной лаборатории Информационно-аналитического центра ФГБУ «СевКасптехмордирекция». Анализ содержания тяжелых металлов в исследуемой воде включал в себя измерение концентраций марганца, свинца, хрома, бария, железа, меди, цинка, кадмия, никеля в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 [4].

Содержание биогенных элементов в анализируемых водных объектах оценивалось по результатам анализа массовых концентраций ионов аммония, нитрит-ионов, нитрат-ионов и фосфат-ионов. Проведение анализа содержания ионов аммония осуществлялось в соответствии с ПНД Ф 14.1:2.1-95; нитрат-ионов – по ПНД Ф 14.1:2:4.4-95; нитрит-ионов – в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.3-95; фосфат-ионов – в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.112-97 [5–7].

Проведение измерений массовой концентрации нефтепродуктов осуществлялось в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.168-2000 [12].

#### **Исследование содержания массовых концентраций тяжелых металлов**

Концентрация растворенных форм марганца, установленная в 2024 г., находилась в пределах от 0,0047 до 0,0076 мг/дм<sup>3</sup>. Результаты анализа, проведенного в 2025 г., были представлены в диапазоне значений от 0,0134 до 0,0245 мг/дм<sup>3</sup>, что свидетельствует о характерном повышении концентраций этого металла по сравнению с предыдущим исследованием (рис. 1).

Уровень ПДК марганца (Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»), соответствующий нормативам качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Таким образом, следует отметить, что наблюдается явное превышение содержания металла в природных водах, согласно исследованиям 2025 г. (рис. 2).

Массовая концентрация бария в анализируемых пробах воды в 2024 г. варьировала в пределах от 0,0178 до 0,0183 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1). В 2025 г. отмечалось повышение концентраций рассматриваемого элемента в 2 раза, характеризующееся пределом от 0,034 до 0,039 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1). Полученные результаты экспериментов показали, что превышение по установленным ПДК данного элемента, равным 0,74 мг/дм<sup>3</sup>, не наблюдается.

Исследования вод внутригородских водоемов в 2024 г. свидетельствовали об уровне содержания соединений цинка в пределах от 0,0018 до 0,0033 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 1). В 2025 г. наблюдалось снижение концентраций этого элемента в водах канала имени 1 Мая до 0,0008 мг/дм<sup>3</sup> и рукава Кутума до 0,0006 мг/дм<sup>3</sup>, были выявлены концентрации, близкие к нулю в водах рукава Царева (рис. 2).

Соединения цинка в воде исследуемых водоемов исследовались в течение двух серий. Выявлено, что содержание этого элемента находится ниже нормируемого уровня ПДК – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>.

Содержание массовых концентраций ионов кадмия во всех анализируемых пробах воды в 2024 г. находилось в концентрациях, близких к нулю. Однако наблюдалось значительное повышение данного металла в исследуемых водах в 2025 г., которое характеризуется уровнем содержания от 0,0006 до 0,0009 мг/дм<sup>3</sup>, с наиболее высокой концентрацией его в водах рукава Кутума (рис. 2). Полученные в ходе исследования сведения об уровне содержания кадмия в водах внутригородских водоемов не превышают ПДК элемента (0,005 мг/дм<sup>3</sup>).

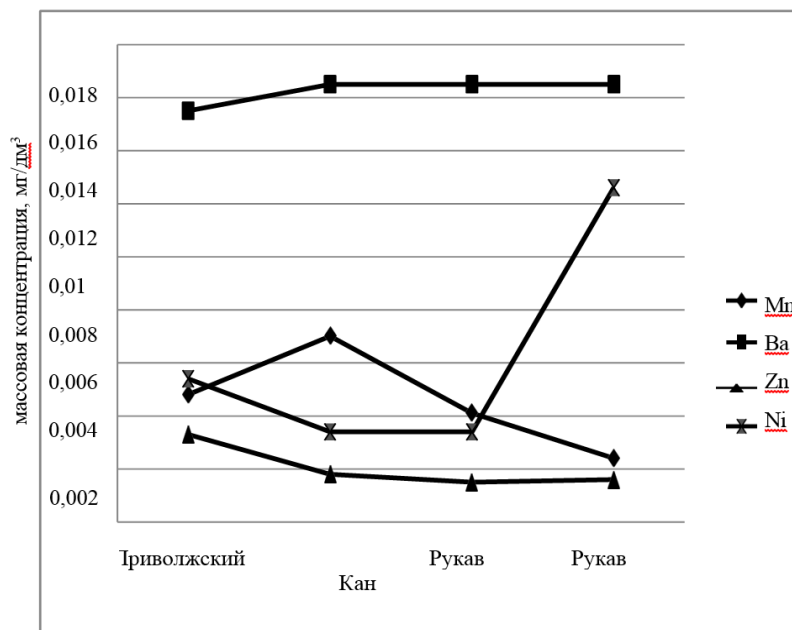


Рисунок 1 – Значения массовых концентраций тяжелых металлов в водных объектах в 2024 г.

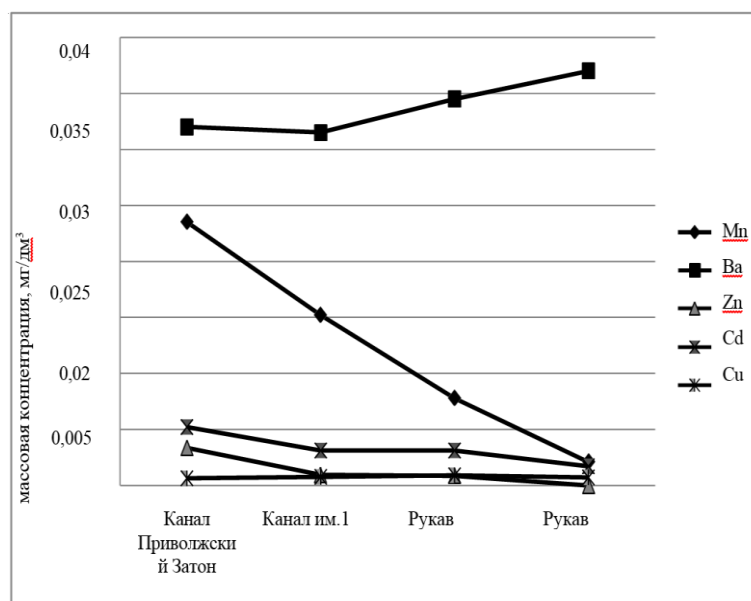


Рисунок 2 – Значения массовых концентраций тяжелых металлов в водных объектах в 2025 г.

Результаты исследования массовой концентрации меди, полученные в 2024 г., характеризовались минимальным значением и находились ниже предела обнаружения используемого метода (рис. 1). Минимальная концентрация присутствия ионов анализируемого металла в исследованиях 2025 г. отмечалась в водах рукава Царева до 0,0017 мг/дм<sup>3</sup> и канала Приволжского затона до 0,0015 мг/дм<sup>3</sup>. Необходимо отметить, что уровень ПДК по содержанию ионов меди в водных объектах рыбохозяйственного назначения составляет 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Вследствие этого, воды рукава Царева характеризуются данным видом загрязнения в размере около 1,7 ПДК. Превышение нормируемого качества воды отмечалось в Кутуме (0,0037 мг/дм<sup>3</sup>) и канале имени 1 Мая (0,0035 мг/дм<sup>3</sup>) в 3 раза, Приволжском затоне (0,0051 мг/дм<sup>3</sup>) в 5 и более раз (рис. 2).

Массовая общая концентрация ионов никеля в природных водах в 2024 г. определялась в пределах от 0,0038 до 0,0147 мг/дм<sup>3</sup>, при наибольшей концентрации в водах рукава Царева.

ПДК этого элемента в водных объектах рыбохозяйственного значения составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Поэтому можно констатировать, что таким водным объектам, как Приволжский Затон и канал имени 1 Мая и реки Кутум, не свойственно загрязнение этим металлом, в то время как природные воды рукава Царева характеризуются некоторым превышением допустимого содержания элемента в воде около 1,26 ПДК (рис. 1). Значения максимальной концентрации ионов никеля в исследованиях 2025 г. не достигали нижнего значения уровня ПДК в 0,005 мг/дм<sup>3</sup>, что объясняет их нахождение в природных водах рек в минимальном количестве (рис. 2).

Содержание общих массовых концентраций свинца и хрома во всех анализируемых пробах воды по исследованиям 2024–2025 гг. находится в пределах концентраций ниже диапазонов измерения ПДК.

По полученным данным измерений, содержание массовых концентраций общего количества железа в анализируемых природных водах находится ниже измеряемого диапазона, которым является концентрация от 0,05–2,0 мг/дм<sup>3</sup>, а также ниже ПДК ионов этого элемента в пределах 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, в 2025 г. по сравнению с 2024 г. повышение общих массовых концентраций наблюдалось среди таких металлов, как барий, марганец, медь и кадмий, а превышение нормируемой ПДК достигалось только ионами марганца и меди.

Исследуемые образцы вод, отобранные из канала Приволжский затон, канала имени 1 Мая (Варвазия), рукавов Кутума и Царева, характеризуются относительно низким содержанием тяжелых металлов, находящихся в пределах ПДК, за исключением повышенной концентрации только одного металла – марганца (рис. 2).

#### Исследование содержания массовых концентраций биогенных элементов

Наибольшими массовыми концентрациями по содержанию аммиака характеризуются пробы природных вод, отобранные в мае 2024 г. на рукаве Царева и имевшие значения на участке ТЦ «METRO» и лодочной станции – 0,72 и 1,01 мг/дм<sup>3</sup> соответственно (табл. 1).

Следует отметить снижение концентрации биогенного элемента в 2025 г. на этих же рассматриваемых участках забора природных вод более чем в 2 раза. Максимальные значения концентрации аммиака тут составили 0,41 и 0,38 мг/дм<sup>3</sup>. По данным исследований природных вод в 2025 г., наблюдается небольшое снижение концентраций аммиака в двух пунктах отбора воды из рукава Кутума, что в усредненной форме составило 0,4 мг/дм<sup>3</sup> и характеризуется снижением значений по данным предыдущего года исследования (0,5 мг/дм<sup>3</sup>). Массовые концентрации ионов аммония в природных анализируемых водах находились ниже установленной ПДК, имеющей значения 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. В итоге можно сделать вывод о снижении концентрации аммиака и иона аммония в 2025 г. по сравнению с 2024 г (табл. 1).

Уровень содержания нитратов в 2025 г. во всех анализируемых пробах воды показал значительное превышение показаний предыдущего года. Максимально высокая концентрация нитратов как в 2024 г, так и в 2025 г. отмечалась в водах рукава Кутума и на участке моста на ул. Студенческой – Н. Островского, которая составила 0,047 и 2,6 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Таблица 1 – Значения массовых концентраций биогенных элементов в воде внутригородских водоемов г. Астрахани

Участки отбора анализируемых проб		Наименование показателей, единицы измерения							
		Аммиак и ион аммония, мг/дм <sup>3</sup>		Нитраты, мг/дм <sup>3</sup>		Нитриты, мг/дм <sup>3</sup>		Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	
		май 2024 г	апрель 2025 г	май 2024 г	апрель 2025 г	май 2024 г	апрель 2025 г	май 2024 г	апрель 2025 г
Канал Приволжский затон	Старый мост	0,38±0,13	0,18±0,06	0,028±0,006	0,8±0,1	0,92±0,17	0,024±0,005	0,19±0,03	0,07±0,01
	Мост у площади Свободы	0,27±0,10	0,25±0,09	0,026±0,005	0,8±0,1	0,83±0,15	0,023±0,005	0,20±0,03	0,12±0,02
Канал имени 1 Мая (Варвазия)	Варващевский мост	0,33±0,11	0,21±0,07	0,024±0,005	0,9±0,2	0,75±0,13	0,020±0,004	0,20±0,03	0,06±0,01
	Ивановский мост	0,29±0,10	0,33±0,11	0,022±0,004	1,4±0,3	1,7±0,3	0,034±0,007	0,14±0,02	0,13±0,02
Рукав Кутум	Район улицы Красной Набережной	0,29±0,10	0,41±0,14	0,024±0,005	2,6±0,5	2,0±0,4	0,056±0,011	0,14±0,02	0,15±0,02
	Мост на ул. Студенческой – Н. Островского	0,68±0,24	0,38±0,13	0,047±0,009	2,6±0,5	1,6±0,3	0,055±0,011	0,20±0,03	0,14±0,02
Рукав Царев	ТЦ «METRO»	0,72±0,25	0,26±0,09	0,040±0,008	1,9±0,3	1,4±0,3	0,050±0,010	0,50±0,08	0,11±0,02
	Лодочная станция	1,01±0,21	0,25±0,09	0,039±0,008	1,4±0,3	0,86±0,15	0,050±0,010	0,55±0,08	0,12±0,02

Исследования 2025 г. свидетельствовали также о высоком содержании определяемых ионов на участке района улицы Красной Набережной. Полученные значения массовых концентраций нитратов не превышали ПДК, равную 45 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1).

При сравнении уровней содержания массовых концентраций нитрит-ионов, полученных в 2025 г., выяснилось, что он оказался в десятки раз ниже уровня 2024 года исследования. Максимальное значение нитритов отмечалось на участке района улицы Красной Набережной как в 2024 г. – 2,0 мг/дм<sup>3</sup>, так и в 2025 г. – 0,056 мг/дм<sup>3</sup>. Согласно полученным результатам содержания данного биогенного элемента в природных водах, превышения по уровню ПДК (3,3 мг/дм<sup>3</sup>) не наблюдается. Наименьшим по содержанию нитритов (0,75 мг/дм<sup>3</sup>) в 2024 г. оказался участок отбора воды у Варвациевского моста, также на данном участке отбора проб зафиксированы минимальные значения этих анионов и в 2025 г. (0,020 мг/дм<sup>3</sup>) (табл. 1).

Измерение массовой концентрации фосфат-ионов в природных водах, которое проводилось в 2024 г., показало варьирование между значениями от 0,14 до 0,55 мг/дм<sup>3</sup> при наблюдении максимальной концентрации этих ионов в водах рукава Царева. Достаточно высокие концентрации биогенного элемента в водах рукава Царева в 2024 г. сменились несколько меньшими концентрациями в 2025 г. (0,11–0,12 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание фосфат-ионов в исследуемых образцах вод, отобранных в 2025 г., снизилось до предела значений от 0,06 до 0,15 мг/дм<sup>3</sup>. Пункты отбора проб воды у Ивановского моста и в районе улицы Красной Набережной характеризовались довольно постоянным уровнем содержания фосфатов как в 2024, так и в 2025 г. (табл. 1).

Руководствуясь данными, полученными по зафиксированным концентрациям исследуемых компонентов, можно отметить, что содержание изучаемых биогенных элементов находится в пределах ПДК. Поверхностные воды характеризуются умеренными концентрациями ионов аммония. Уровень содержания нитрат-ионов оказался достаточно низким и находится на уровне значений от сотых долей до 3 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитрит-ионов в поверхностных водах внутригородских водоемов показала тенденцию к снижению, так же как и уровень фосфатов. Проведенный анализ показал, что поверхностным водам канала Приволжский затон, канала имени 1 Мая (Варвация), рукавам Кутума и Царева, имеющим низкие концентрации биогенных элементов, не свойственно активное биогенное загрязнение.

#### **Исследование содержания массовых концентраций нефтепродуктов**

Полученные экспериментальные значения концентраций нефтепродуктов за 2024–2025 гг. исследований не показали превышения соответствующих уровней ПДК, установленных для водных объектов рыбохозяйственного значения и составляющих порядка 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2).

Измерения концентраций нефтепродуктов, проведенные в мае 2024 г., представляли собой диапазон от 0,003 до 0,040 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация рассматриваемого загрязнителя в ходе исследований 2025 г. снизилась до 0,012 мг/дм<sup>3</sup> и находится ниже уровня проводимых измерений, т. е. ниже 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация нефтепродуктов в природных водах, зафиксированная как в 2024 г., так и в 2025 г., наблюдается в точке отбора воды в канале имени 1 Мая у Ивановского моста (табл. 2). В 2025 г. полученное значение на данном объекте снизилось более чем в 3 раза по сравнению с прошлым годом, что, в свою очередь, соответствовало концентрации 0,012 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблица 2 – Значения массовых концентраций нефтепродуктов в исследуемых внутригородских водоемах г. Астрахани, мг/дм<sup>3</sup>

Участки отбора проб		Результат, мг/дм <sup>3</sup>			
		май 2024 г.		апрель 2025 г.	
		результат измерений X, мг/дм <sup>3</sup>	итоговый результат, мг/дм <sup>3</sup>	результат измерений X, мг/дм <sup>3</sup>	итоговый результат, мг/дм <sup>3</sup>
Канал Приволжский затон	«Старый» мост	0,005	<0,02	0,000	<0,02
	Мост у площади Свободы	0,003	<0,02	0,005	<0,02
Канал им. 1 Мая (Варвация)	Варвациевский мост	0,010	<0,02	0,002	<0,02
	Ивановский мост	0,039	0,039±0,016	0,012	<0,02
Рукав Кутум	Сетевязальная фабрика	0,012	<0,02	0,000	<0,02
	Мост на ул. Студенческой – Н. Островского	0,019	<0,02	0,011	<0,02
Рукав Царев	ТЦ «METRO»	0,004	<0,02	0,002	<0,02
	Лодочная станция	0,005	<0,02	0,000	<0,02

Участок канала имени 1 Мая (Ивановский мост) характеризуется довольно близким расположением крупных торговых комплексов, а именно «Маяк» и «Московский», а также нескольких торговых павильонов, поэтому на данной территории, как следствие, располагается 5 крупных парковочных зон. Можно сделать предположение, что в этом случае часть нефтепродуктов, поступающая в поверхностные природные воды, представляет собой отработанные моторные масла как продукты сгораемого бензина. Путь поступления последних возможен как с промышленными стоками, так и с дождевыми потоками через ливневую канализацию и с поверхностным стоком.

Поэтому отработанные масла, загрязняющие почвенные покровы у автостоянок и гаражей, в итоге попадают в близлежащий природный водоем. Кроме отработанных нефтепродуктов, немалый свой вклад в загрязнение поверхностных вод вносят и хозяйственно-бытовые стоки.

На основании полученных значений массовые концентрации нефтепродуктов во внутригородских водоемах города Астрахани не превышали ПДК данного загрязняющего вещества, вследствие чего можно утверждать об отсутствии в анализируемой воде больших загрязнений нефтепродуктами.

Полученные сведения о качестве воды внутригородских водоемов могут быть полезными и необходимыми при оценке соответствия химических характеристик водных объектов общепринятым утвержденным нормативам качества, а также применяться в сравнительной характеристике результатов дальнейших исследований с целью выявления изменения качества воды.

#### Список литературы

1. Гончаров А. В., Исаев В. А., Лобченко Е. Е., Ничипорова И. П. Особенности кислородного режима рек в бассейнах Волги, Оби и Лены // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 5. С. 564–570.
2. Еремеев И. С. Мониторинг качества питьевой воды в чрезвычайных ситуациях // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2018. № 3 (123). С. 52–57.
3. Зайцева Н. В., Сбоев А. С., Клейн С. В., Вековщина С. А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55.
4. Новикова Ю. А., Фридман К. Б., Федоров В. Н. и др. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 6. С. 563–568.
5. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса: ПНДФ 14.1:2:4.3-95 от 15 марта 2011 г. Москва, 2011.
6. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой: ПНДФ 14.1:2:4.4-95 от 23 марта 2011 г. Москва, 2011.
7. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония: ПНДФ 14.1:2:4.112-97 от 23 марта 2011 г. Москва, 2011.
8. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом ИК-спектрофотометрии с применением концентратомеров серии КН: ПНДФ 14.1:2:4.168-2000 от 28 августа 2012 г. Москва, 2012.
9. Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Тенденции многолетних изменений качества воды водных объектов юга России со стабильно высоким уровнем химического загрязнения // География и природные ресурсы. 2012. Т. 33, № 2. С. 125–130.
10. Никаноров А. М., Брызгалов В. А., Косменко Л. С., Кондакова М. Ю., Решетняк О. С. Роль речного притока растворенных химических веществ в антропогенной трансформации состояния водной среды устьевой области р. Волга // Вода: химия и экология. 2010. № 7. С. 6–12.
11. Nikolaev V. F., Timirgalieva A. Kh., Barskaya E. E. et al. Hydrogeochemistry: natural waters in full view // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19, № 3. С. 5–10.
12. Николаев В. Ф., Булыгин Д. В. Экспресс-метод оценки минерального состава закачиваемых ипутных вод нефтяных месторождений // Нефть. Газ. Новации. 2018. № 4. С. 56–60.
13. Новикова Ю. А., Копытенкова О. И. К вопросу использования онлайн-анализаторов при производственном контроле качества питьевой воды // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 10 (238). С. 42–46.
14. Макаров Д. В., Вострова П. Н. Применение карт контроля качества для оценки стабильности окисляемости подземных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. № 11 (143). С. 64–67.
15. Bowditch E., Santopuoli G., Binder, F., del Río M., La Porta N., Kluvankova T., Lesinski J., Motta R., Pach M., Panzacchi P., Pretzsch H., Christian T., Giustino T., Melanie S., Velikova V., Weatherall A., Tognetti R. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe // Ecosystem Services. Elsevier, 2020. Vol. 43.
16. Brunet G., Luterbacher J., Gray M., Lisk I., Anyah R., Stammer D., Jean M., Carmichael G., Kulmala M., Kattsov V., Renom M., Stocker T., Lynch A.H., Belcher S., Dube O.P., Davis C.A., Koike T. A Science and Technology Vision for WMO // WMO Bulletin. The Journal of the World Meteorological Organization. 2024. Vol. 73 (2). P. 21–27.
17. Charalampopoulos I., Droulia F. A. Pathway towards Climate Services for the Agricultural Sector // Climate. 2024. № 12. 18 p.
18. Fletcher I. K., Stewart-Ibarra A. M., García-Díez M., Shumake-Guillemot J., Lowe R. Climate Services for Health: From Global Observations to Local Interventions // Med. 2021. № 2 (4). P. 355–361.
19. Hewitt C. D., Moufouma-Okia W. Climate services Based on Climate Predictions and Projections // WMO Bulletin. 2023. Vol. 72 (2). P. 19–24.
20. Yalew S. G. van Vliet M. T. H., Gernaat D. E. H. J., Ludwig F., Miara A., Park C., Byers E., De Cian E., Piontek F., Iyer G., Mouratiadou I., Glynn J., Hejazi M., Dessens O., Rochedo P., Pietzcker R., Schaeffer R., Fujimori S., Dasgupta S., Mima S., da Silva S. R. S., Chaturvedi V., Vautard R., Van Vuuren D. P. Impacts of climate change on energy systems in global and regional scenarios // Nature Energy. 2020. Vol. 5. P. 794–802.

#### References

1. Goncharov A. V., Isaev V. A., Lobchenko E. E., Nichiporova I. P. Features of the oxygen regime of rivers in the basins of the Volga, Ob, and Lena rivers. *Water Resources*. 2011;38;5:564–570 (In Russ.).
2. Ereemeev I. S. Monitoring of drinking water quality in emergency situations. *Water Purification. Water Treatment. Water Supply*. 2018;3(123):52–57 (In Russ.).
3. Zaitseva N. V., Sboev A. S., Klein S. V., Vekovshina S. A. Drinking Water Quality: Risk Factors for Public Health and the Effectiveness of Rospotrebnadzor's Control and Supervision Activities. *Health Risk Analysis*. 2019;2:44–55 (In Russ.).
4. Novikova Yu. A., Fridman K. B., Fedorov V. N. et al. On the issue of assessing the quality of drinking water in centralized water supply systems in modern conditions. *Hygiene and Sanitation*. 2020;99;6:563–568 (In Russ.).
5. *Quantitative chemical analysis of waters. Method for measuring the mass concentration of nitrite ions in drinking, surface, and wastewater using the Griss photometric method: PND F 14.1:2:4.3-95 dated March 15, 2011*. Moscow, 2011 (In Russ.).
6. *Quantitative chemical analysis of waters. Method for measuring the mass concentration of nitrate ions in drinking, surface, and wastewater using the photometric method with salicylic acid: PND F 14.1:2:4.4-95 dated March 23, 2011*. Moscow, 2011 (In Russ.).
7. *Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring the mass concentration of phosphate ions in drinking, surface, and wastewater using the photometric method with ammonium molybdate: PND F 14.1:2:4.112-97 dated March 23, 2011*. Moscow, 2011 (In Russ.).
8. *Quantitative chemical analysis of water. Measurement method for the mass concentration of petroleum products in drinking, natural, and treated wastewater using IR spectrophotometry with the use of KN series concentration meters: PND F 14.1:2:4.168-2000 dated August 28, 2012*. Moscow, 2012 (In Russ.).
9. Nikanorov A. M., Khoruzhaya T. A. Trends in long-term changes in the water quality of water bodies in the south of Russia with a consistently high level of chemical pollution. *Geography and Natural Resources*. 2012;33;2:125–130 (In Russ.).
10. Nikanorov A. M., Bryzgalov V. A., Kosmenko L. S., Kondakova M. Yu., Reshetnyak O. S. The Role of River Inflow of Dissolved Chemical Substances in Anthropogenic Transformation of the State of the Water Environment in the Estuary Region of the Volga River. *Water: Chemistry and Ecology*. 2010;7:6–12 (In Russ.).
11. Nikolaev V. F., Timirgalieva A. Kh., Barskaya E. E. et al. Hydrogeochemistry: natural waters in full view. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2016;19;3:5–10 (In Russ.).
12. Nikolaev V. F., Bulygin D. V. Express-method of assessing the mineral composition of injected and associated waters of oil fields. *Oil. Gaz. Innovations*. 2018;4:56–60 (In Russ.).
13. Novikova Yu. A., Kopitenkova O. I. On the Use of Online Analyzers in Production Control of Drinking Water Quality. *Life Safety*. 2020;10(238):42–46 (In Russ.).
14. Makarov D. V., Vostrova R. N. Application of quality control cards for assessing the stability of the oxidizability of groundwater. *Water Treatment. Water Treatment. Water Supply*. 2019;11(143):64–67 (In Russ.).
15. Bowditch E., Santopuoli G., Binder, F., del Rio M., La Porta N., Kluvankova T., Lesinski J., Motta R., Pach M., Panzacchi P., Pretzsch H., Christian T., Giustino T., Melanie S., Velikova V., Weatherall A., Tognetti R. What is Climate-Smart Forestry? A definition from a multinational collaborative process focused on mountain regions of Europe. *Ecosystem Services*. Elsevier; 2020:43.
16. Brunet G., Luterbacher J., Gray M., Lisk I., Anyah R., Stammer D., Jean M., Carmichael G., Kulmala M., Kattsov V., Renom M., Stocker T., Lynch A. H., Belcher S., Dube O. P., Davis C.A., Koike T. A Science and Technology Vision for WMO. *WMO Bulletin. The Journal of the World Meteorological Organization*. 2024;73(2):21–27.
17. Charalampopoulos I., Droulia F. A. Pathway towards Climate Services for the Agricultural Sector. *Climate*. 2024;12:18.
18. Fletcher I. K., Stewart-Ibarra A. M., García-Díez M., Shumake-Guillemot J., Lowe R. Climate Services for Health: From Global Observations to Local Interventions. *Med*. 2021;2(4):355–361.
19. Hewitt C. D., Moufouma-Okia W. Climate services Based on Climate Predictions and Projections. *WMO Bulletin*. 2023;72(2):19–24.
20. Yalew S. G., van Vliet M. T. H., Gernaat D. E. H. J., Ludwig F., Miara A., Park C., Byers E., De Cian E., Piontek F., Iyer G., Mouratiadou I., Glynn J., Hejazi M., Dessens O., Rochedo P., Pietzcker R., Schaeffer R., Fujimori S., Dasgupta S., Mima S., da Silva S. R. S., Chaturvedi V., Vautard R., Van Vuuren D.P. Impacts of climate change on energy systems in global and regional scenarios. *Nature Energy*. 2020;5:794–802.

#### Информация об авторе

Клементьева А. В. – доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии.

#### Information about the author

Klementeva A. V. – Associate Professor, Candidate of Sciences (Chemical), Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Chemistry.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; одобрена после рецензирования 15.10.2025; принята к публикации 30.10.2025.

The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 15.10.2025; accepted for publication 30.10.2025.

## АННОТАЦИЯ

---

Историко-географическая индикация динамического состояния лесных ландшафтов Воронежской области. Почвы Джезказганского ботанического сада (Республика Казахстан) в системе российской и международной классификаций. Оценка экосистемных услуг почвы популяций борщевика Сосновского в Московском регионе. Повышение эффективности производства риса в Краснодарском крае. Геоинформационный анализ и оценка состояния полесозащитных полос. Обоснование эффективности использования садопригодных земель в Приморско-Ахтарском районе. Оценка физической эффективности и величины предотвращенного ущерба от градобитий на защищаемой территории республик Северного Кавказа. Пожары тростника на природно-урбанизированных территориях. Геоэкологическая оценка природно-территориальных комплексов на основе дистанционного мониторинга и информационно-имитационных моделей. Ртуть в мышцах ушастых ежей *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770) из районов с разной степенью ртутного загрязнения в Российской Федерации и южной Фергане. Возможности развития историко-культурного туризма в Ордубадском районе Нахчыванской Автономной Республики. Оценка экологического состояния водных объектов в границах особо охраняемых природных территорий «Долина реки Сетуни» города Москвы. Теоретические и прикладные геоэкологические подходы к изучению урбосреды. Оценка качества поверхностных вод природных водоемов города Астрахани по уровню содержания различных химических соединений.

Материалы представляют интерес для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям Науки о Земле, для преподавателей вузов, а также для работников производственных организаций топливно-энергетического комплекса, экологического направления, геологоразведочных предприятий.

## ABSTRACT

Historical and Geographical indication of the dynamic state of the forest landscapes of the Voronezh Region. Soils of the Jezkazgan botanical garden (Republic of Kazakhstan) in the system of Russian and international classifications. Assessment of ecosystem services of the soil of populations of the snake of the soviet region. Improving the efficiency of rice production in the Krasnodar region. Geoinformation analysis and assessment of the state of shelterbelts. Justification of the efficiency of using gardenable lands in the Primorsko-Akhtarsky district. Assessment of the physical effectiveness and magnitude of the prevented damage from hail strikes in the protected territory of the republics of the North Caucasus. Cane fires in natural-urbanized territories. Geoecological assessment of natural territorial complexes on remote monitoring and information-simulation models. Mercury in the Muscles of Common Long-Eared Hedgehogs *Hemiechinus auritus* (S.G. Gmelin, 1770) from Areas with Various Lever of Mercury Contamination in the Russian Federation and South Fergana. Possibilities of developing historical and cultural tourism in the Ordubad region of the Nakhchivan Autonomous Republic. Assessment of the ecological state of water bodies within the boundaries of the protected natural "Setun River Valley" of the city of Moscow. Theoretical and applied geoecological approaches to the study of the urban environment. Assessment of the quality of surface water of natural water bodies of the city of Astrakhan by the level of content of various chemical compounds.

The materials are of interest to undergraduate and graduate students studying in the areas of Earth sciences for academics, as well as for employees of industrial organizations of the fuel and energy sector, environmental trends, exploration companies.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА

### Уважаемые авторы!

Журнал «Геология, география и глобальная энергия» публикует результаты научных исследований российских и зарубежных авторов на русском языке.

Редакция принимает статьи, соответствующие тематике журнала и нижеизложенным требованиям. Присылаемые рукописи должны быть актуальными, обладать научно-практической значимостью и новизной.

Помимо публикации научных статей по указанным направлениям, в журнале существует рубрика «История науки», в которой публикуются статьи, освещающие различные аспекты истории, связанные с науками о Земле.

Две статьи самостоятельно одного и того же автора не могут быть опубликованы в одном выпуске журнала.

Обязательным для авторов является выполнение публикационной этики журнала.

Принимаются статьи, снабженные следующими необходимыми компонентами:

1. Текст статьи.
2. Аннотация и ключевые слова (в том же файле, где текст на русском и английском языках).
3. Список литературы (в том же файле, где текст на русском и английском языках).
4. Сведения об авторах.
5. Экспертное заключение о возможности опубликования.
6. Справка проверки статьи на антиплагиат.

Требования к оформлению необходимых компонентов:

1. Текст статьи на русском языке. Статьи принимаются на электронную почту редакции [geologi2007@yandex.ru](mailto:geologi2007@yandex.ru), [abarmin60@mail.ru](mailto:abarmin60@mail.ru). Не допускается направление в редакцию статей, уже публиковавшихся или посланных на публикацию в другие журналы. Необходимо указывать номер УДК.

2. Аннотация и ключевые слова. Объем аннотации не должен превышать 250 слов, ключевых слов должно быть не менее 5 и не более 15 слов (словосочетаний). Их приводят, предваряя словами «Ключевые слова:» ("Keywords:"), и отделяют друг от друга запятыми. После ключевых слов точку не ставят. По аннотации читатель должен определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

В аннотации должны быть по пунктам прописаны:

- актуальность работы;
- цель работы;
- метод или методология проведения работы;
- результаты работы и область их применения;
- выводы.

Перевод аннотации, ключевых слов и списка литературы на английский язык осуществляется авторами качественным переводом. Перевод с помощью электронных переводчиков не рекомендуется.

3. Список литературы располагают после информации об авторах и их вкладе с предшествующими словами «Список литературы» на русском и английском языках. Использование названия «Библиографический список» и «Библиография» не рекомендуется. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3. В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНИП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов, а также ссылок на неофициальные источники в интернет рекомендуется приводить в тексте статьи или в сносках, не вынося в список литературы. Список литературы должен содержать современные зарубежные статьи (не старше 5 лет издания). Список литературы должен содержать не менее 15 источников, из которых должно быть не более двух собственных работ автора. Наличие в списке литературы учебников без грифа Минобрнауки РФ и его подразделений, учебных и методических пособий, указаний по курсовому и дипломному проектированию, производственных и научных отчетов, выпускных квалификационных работ, конспектов лекций для студентов не допускается.

Индекс УДК помещают в начале статьи на отдельной строке слева.

DOI статьи приводят по ГОСТ Р ИСО 26324 и располагают после индекса УДК отдельной строкой слева. В конце DOI точку не ставят. Допустимо приводить DOI в форме электронного адреса в сети Интернет.

Пример оформления:

Научная статья

УДК 627.1

doi 10.54398/20776322\_2023\_2\_9

При оформлении списка литературы у ВСЕХ публикаций, имеющих DOI (особенно это касается иностранных публикаций), эти DOI должны быть указаны (в виде гиперссылок).

Пример оформления: 10. Henry D. J., Novák M., Hawthorne F. C., Ertl A., Dutrow B. L., Uher P., Pezzotta F. Nomenclature of the tourmaline-supergroup minerals. *Amerikanskiy mineralog = American Mineralogist*, 2011. Vol. 96:895–913. <https://doi.org/10.2138/am.2011.3636>. Ссылки должны быть работающими!

В статье печатного издания при наличии ее идентичной электронной версии указывают DOI или электронный адрес статьи в сети Интернет.

4. Сведения об авторах. Необходимо указать на русском языке ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, а также контактный e-mail, контактный телефон и номер ORCID ID (аккаунт ORCID обязательно должен содержать информацию о месте работы автора и актуализированный перечень публикаций – все это на английском языке, в случае отсутствия перевода – транслитерацией).

5. Экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати.

Авторы могут получить экспертное заключение в организации или вузе по месту работы или учебы и отправить скан-копию заключения на электронную почту редакции.

Плата за публикацию аспирантов не взимается.

Оформление статей

1. Редактор – Microsoft Word, гарнитура – Minion Pro, в случае ее отсутствия – Times New Roman. Поля документа: левое – 2 см, остальные – 1,5 см. Кегль 10, одинарный интервал. Абзацный отступ 0,75. Страницы нумеруются. Не допускаются пробелы между абзацами.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом. Кегль шрифта в формулах должен совпадать с кеглем шрифта основного текста. Тригонометрические знаки (sin, cos, tg, arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh, ch, th, ctg и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (lim, ln, arg, grad, const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал (°C – градусы Цельсия и т. д.) набираются прямым шрифтом.

4. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Изображения должны быть четкими, контрастными. Таблицы, рисунки, схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схемы, сканированные как изображения, не принимаются.

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисовочных подписях.

Подрисовочная подпись должна быть набрана 8 кеглем, основной текст в таблице – 8 кеглем, шапка таблицы – 8 кеглем. Гарнитура текста в рисунках и таблицах – Arial, кегль 8.

## Примеры оформления списка литературы

### *Монографии*

Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Москва: Мир, 2020. 280 с.

### *Статьи в периодических изданиях*

Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. 2018. № 6. С. 160–168.

### *Авторефераты диссертации*

Овечкина О. Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. ... дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 24 с.

Авторам необходимо представить справку о проверке статьи в системе «Антиплагиат». При необходимости редколлегия журнала оставляет за собой право на дополнительную проверку текста статьи в системе «Антиплагиат», а также получить заключение экспертной комиссии (государственная тайна) и заключение внутривузовской комиссии экспортного контроля (ВКЭК) о возможности открытого опубликования (пр. № 08-01-01/761 от 10.08.2016 г.).

### Реквизиты для оплаты публикаций:

Наименование получателя: УФК по Астраханской области  
(ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» л/с 20256Ц14780)

ИНН 3016009269

КПП 301601001

Банк: Отделение Астрахань Банка России // УФК по Астраханской области

г. Астрахань

Единый казначейский счет

№ 40102810445370000017

### Казначейский счет

№ 03214643000000012500

код ОКТМО 12701000

код ОГРН 1023000818554

БИК 011203901

Лицевой счет 20256Ц14780

Обязательно указывать назначение платежа: размещение статьи, Ф.И.О. автора, название и номер журнала, название статьи. К статье прикладывается чек-ордер оплаты.

### Статьи направлять по адресу:

414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Бармину Александру Николаевичу, тел. 8 (8512) 24-66-50, 8-908-618-41-96 (моб.)  
Электронный адрес редколлегии журнала: [geologi2007@yandex.ru](mailto:geologi2007@yandex.ru), [abarmin60@mail.ru](mailto:abarmin60@mail.ru).

### ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

*Геология, география и глобальная энергия.* 2024. № 2 (89). С. 170–175.  
*Geology, Geography and Global Energy.* 2024;2(89):170–175 (In Russ.).

Научная статья  
УДК 502.35 + 911.6  
[https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_2\\_170](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170)

#### РОЛЬ РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОЛАНДШАФТОВ ПРИКАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

**Бармин Александр Николаевич**

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева, Астрахань, Россия  
abarmin60@mail.ru

**Аннотация.** В условиях современной трансформации природных комплексов вследствие урбанизации и техногенеза изучение влияния антропогенной деятельности на формирование ландшафтов аридных территорий неизменно сохраняет высокую актуальность. Главной особенностью аридных территорий является хрупкость и неустойчивость их ландшафтов, и высокая подверженность трансформации их территориальных комплексов. Современная градация ландшафтов Астраханской области не учитывает техногенное влияние, в связи с чем предполагается актуальным вопрос районирования ландшафтов Астраханской области с точки зрения техногенного влияния.

**Ключевые слова:** ландшафт, опасность, аридная территория, опасный производственный объект, промышленность, техногенное воздействие, районирование

**Для цитирования:** Для цитирования: Бармин А. Н. Роль региональных особенностей в формировании техноландшафтов Прикаспийского региона // *Геология, география и глобальная энергия.* 2023. № 2 (89). С. 170–175. [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_2\\_170](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170).

#### THE ROLE OF REGIONAL FEATURES IN THE FORMATION OF TECHNOLANDSCAPES OF THE CASPIAN REGION

**Barmin A. Nikolaevich**

Asrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia  
abarmin60@mail.ru

**Abstract.** In the conditions of modern transformation of natural complexes due to urbanization and technogenesis, the study of the influence of anthropogenic activity on the formation of landscapes of arid territories invariably remains highly relevant. The main feature of arid territories is the fragility and instability of their landscapes and the high susceptibility to transformation of their territorial complexes. The modern gradation of the landscapes of the Astrakhan region does not take into account the technogenic influence in connection with it, the issue of zoning the landscapes of the Astrakhan region from the point of view of technogenic influence is assumed to be relevant.

**Keyword:** landscape, danger, arid territory, hazardous production facility, industry, manmade impact, zoning

**For citation:** Barmin A. N. Restoration of the ecological state of water bodies of the Volga River delta. *Geology, Geography and Global Energy.* 2023;2(89):170–175 (In Russ.). [https://doi.org/10.54398/20776322\\_2023\\_2\\_170](https://doi.org/10.54398/20776322_2023_2_170).

## ТЕКСТ СТАТЬИ (на русском языке)

### Информация об авторах

**Бармин А. Н.** – доктор географических наук, профессор.

### Information about the authors

**Barmin A. N.** – Doctor of Sciences (Geographical), Professor.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.  
The authors declare no conflicts of interests.

### Список литературы

1. Бальшева О. Л. Материалы для акустоэлектронных устройств. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный ун-т аэрокосмического приборостроения, 2005. 50 с.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons, 1973. 300 p.

### References

1. Balysheva O. L. Works for akustoelektronny devices. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation Publ.; 2005:50.
2. Auld B. A. Acoustic Fields and Waves in Solids. New York: John Wiley & Sons Publ.; 1973:300.

Статья поступила в редакцию 15.11.2021; одобрена после рецензирования 17.11.2021; принята к публикации 20.11.2021.

The article was submitted 15.11.2021; approved after reviewing 17.11.2021; accepted for publication 20.11.2021.

## **RULES FOR THE AUTHORS OF THE JOURNAL**

---

The journal publishes the theoretical, review (of problem nature) and experimental and research articles on geology, geography, history of formation of these sciences, short reports and information on the new methods of experimental researches, and also the works covering the up-to-date technologies of prospecting and developing minerals etc.

The journal publishes the information on jubilee dates, new publications of the University Publishing House on geology and geography, the information on forthcoming and held scientific conferences, symposiums, congresses.

The journal publishes the materials not been published earlier in other periodical editions.

The journal "Geology, Geography and Global Energy" is included in the List of the conducting reviewed scientific journals and editions in which the main scientific results of theses on competition of an academic degree of the doctor and candidate of science have to be published on the field of science 25.00.00 "Earth Science".

Publication frequency is 4 times a year. The volume of publications: review articles – up to 1 printed sheets (16 pages), original articles – up to 0,5 printed sheets (8–10 pages), information on jubilee dates, conferences etc. – up to 0,2 printed sheets.

Article design. Editor Word Windows, type Times New Roman, 14, interlinear interval – 1, paper format A4; margins: left one – 2,5 cm, right one – 2,5 cm, upper and lower ones – 2,5 cm, break line – 1,27 cm, pagination is overhead to the right.

The dimension of all units of measurement is in the size of SI; the names of chemical compounds are in accordance with the IUPAC recommendation.

Tables. Type Times New Roman, 10. The table width is 13 cm, a book turn. In the right corner there is word "Table" with serial number, through an interval – the title of the table (bold one, on centre, 10).

Formulae. Superlinear and interlinear indices – type Times New Roman, 11; mathematical symbols – type Times New Roman, 18; letters of the Greek alphabet – type Times New Roman, 14. The formulae should be typed without indention from the left edge.

Photos, figures, diagrams, graphs, schemes are only black-and-white. The width of photos, figures, diagrams, graphs, schemes is no more than 13 cm.

We ask to send to the address of the editorial board: electronic and printed text of the article; enclose with the article the accompanying letter of the author's supervisor with indication of full names, patronymic names and last names of the authors, scientific rank, post, names of chair, institution and also e-mail, contact phone numbers.

Send the articles to e-mail: [geologi2007@yandex.ru](mailto:geologi2007@yandex.ru).

## **ПОРЯДОК РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ**

---

1. Поступающая в редакцию статья рассматривается на предмет соответствия профилю журнала, требованиям к оформлению и регистрируется с присвоением ей индивидуального номера. Редакция в течение трех дней уведомляет авторов о получении рукописи статьи. Рукописи, оформленные не должным образом, не рассматриваются.

2. Рукописи всех статей, поступивших в редакцию журнала, подлежат обязательному рецензированию. К рецензированию привлекаются ученые, доктора наук, обладающие неоспоримым авторитетом в сфере научных знаний, которой соответствует рукопись статьи. Рецензентом не имеет права быть автор (или один из авторов) рецензируемой статьи. Рецензенты информируются о том, что рукописи статей являются частной собственностью их авторов и представляют собой сведения, исключающие их разглашение и копирование.

3. В случаях, когда редакция журнала не располагает возможностью привлечь к рецензированию эксперта подходящего уровня в сфере знаний, к которой имеет отношение рукопись, редакция обращается к автору с просьбой предоставить внешнюю рецензию. Внешняя рецензия предоставляется при подаче статьи (что, тем не менее, не исключает принятый порядок рецензирования). Рецензии обсуждаются редколлекцией, являясь причиной для принятия или отклонения рукописей. Рукопись, адресуемая в редакцию, также может сопровождаться письмом из направляющей организации за подписью ее руководителя.

4. Рецензия должна беспристрастно давать оценку рукописи статьи и заключать в себе исчерпывающий разбор ее научных достоинств и недостатков. Рецензия составляется по предлагаемой редакцией форме или в произвольном виде и должна освещать следующие моменты: научную ценность результатов исследования, актуальность методов исследования и статистической обработки данных, уровень изучения научных источников по теме, соответствие объема рукописи статьи в целом и отдельных ее элементов в частности, т. е. текста, таблиц, иллюстраций, библиотечных ссылок. В завершающей части рецензии необходимо изложить аргументированные и конструктивные выводы о рукописи и дать ясную рекомендацию о необходимости либо публикации в журнале, либо переработки статьи (с перечислением допущенных автором неточностей и ошибок).

5. Если в рецензии на статью сделан вывод о необходимости ее доработки, то она направляется автору на доработку вместе с копией рецензии. При несогласии автора с выводами рецензента, автор вправе обратиться в редакцию с просьбой о повторном рецензировании или отозвать статью (в этом случае делается запись в журнале регистрации). Тогда новой датой поступления в редакцию журнала доработанной статьи считается дата ее возвращения. Доработанная статья направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту. Редакция журнала оставляет за собой право отклонения рукописи статьи в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания рецензента.

6. Срок рецензирования между датами поступления рукописи статьи в редакцию и вынесения редколлекцией решения в каждом отдельном случае определяется ответственным секретарем с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи, но не более 2-х месяцев со дня получения рукописи.

7. Рецензии на статьи предоставляются редакцией экспертным советам в ВАК по их запросам.

8. Редакция журнала не сохраняет рукописи статей, не принятые к публикации. Рукописи статей не возвращаются.

9. Редакция журнала не несет ответственности за достоверность информации

Главный редактор: Бармин А. Н.

## **ORDER OF REVIEWING**

---

1. The article submitted to the editorial staff is considered for conformity with the Journal profile, the requirements for execution and is registered with the assignment the individual number to it. The editorial staff informs the authors of the receipt of the manuscript within 3 days. The manuscripts which are not formalized properly are not considered.

2. The manuscripts of all articles received by the editorial staff are subject to obligatory reviewing. The scientists, doctors of science who has an indisputable authority in the sphere of scientific knowledge, to which the manuscript corresponds, are engaged in reviewing. The author (or one of the authors) of the reviewing article has no right to be a reviewer. The reviewers are informed that the article manuscripts are a private property of their authors and represent the information not subject to disclosure and copying.

3. In cases when the editorial staff of the journal does not have the opportunity to bring to reviewing the expert of the corresponding level in the field of knowledge, to which the manuscript relates, the editorial staff appeals to the author to provide an external review. The external review is available when submitting the article (that, nevertheless, does not exclude the accepted order of reviewing). Being the reason for receipt or rejection of the manuscripts the reviews are discussed by the editorial board. The manuscript, addressed to the editorial staff, may be accompanied by a letter from the directing organization which is signed by its leader.

4. The review should impartially evaluate the manuscript and encompass an exhaustive analysis of its scientific merits and demerits. The review is compiled according to the form proposed by the editors or in any form and should cover the following points: the scientific value of the research results, the relevance of research methods and statistical data processing, the level of study of scientific literature on the subject, the accordance of the volume of the manuscript in general and its separate elements in particular that is the text, tables, illustrations, library references. In the final part of the review it is necessary to state the reasoned and constructive conclusions about the manuscript and give a clear recommendation on the need of publication in the journal or processing the article (listing the inaccuracies and errors admitted by the author).

5. If in a review article concluded the need for its revision, it is sent to the author for revision together with a copy of the review. In case of disagreement with the conclusions of the author of the reviewer, the author is entitled to apply to the editor with a request to reconsider or withdraw the paper reviewing (in this case, an entry is made in the log). Then the new date of admission to the journal articles modified is the date of her return. Modified article is sent for re- reviewing the same reviewer. Editorial Board reserves the right to reject the manuscript in case of inability or unwillingness to accommodate the wishes of the author of the reviewer.

6. Review period between the date of receipt of the manuscript to the editor and the editorial board of rendering decisions in each case determined by the executive secretary with the creation of conditions for the most rapid publication of articles, but not more than 2 months from the date of receipt of the manuscript.

7. Reviews of articles edited by expert advice provided in the WAC at their request.

8. Editorial Board does not keep the manuscript papers not accepted for publication. Manuscripts will not be returned.

9. Editorial Board is not responsible for the accuracy of the information.

*Editor-in-Chief A. N. Barmin*

**ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**2025. № 4 (99)**

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
Федеральной службы по надзору  
в сфере связи и массовых коммуникаций  
ПИ № ФС77-32762 от 08 августа 2008 г.

Учредитель:

Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева  
Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Адрес редакции:

Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20

Адрес издателя:

Российская Федерация, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

Подписной индекс – 11173  
по каталогу периодических изданий (газеты и журналы)

Издание включено в интернет-каталог  
ООО «Урал-Пресс»»

**Главный редактор –  
доктор географических наук А. Н. Бармин  
Ответственный секретарь – Д. А. Бычкова**

Компьютерная правка,  
верстка Ж. О. Калниязовой

Редактирование Н. Н. Сахно

Дата выхода в свет: 27.02.2026 г.

Цена свободная

Заказ № 4730. Тираж 500 экз. (первый завод – 22 экз.)

Уч.-изд. л. 11,0. Усл. печ. л. 15,4

---

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева  
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а

тел. (8512) 24-66-60 (доп. 3, издательско-полиграфический отдел)

E-mail: [asupress@yandex.ru](mailto:asupress@yandex.ru)

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии

414040, г. Астрахань, пл. К. Маркса, 33

тел./факс (8512) 54-00-11, 73-40-40,

E-mail: [a-d-t@mail.ru](mailto:a-d-t@mail.ru)